

Recuperación de una embarcación clásica de competición tipo Missile

Diseño y construcción

Trabajo fin de grado



Facultat de Nàutica de Barcelona
Universitat Politècnica de Catalunya

Trabajo realizado por:

Eloy Edo Glosz
Simó Vicens Coll

Dirigido por:

Sergio Velásquez Correa

Grau en GESTN

Barcelona, 12 de diciembre 2018

Departament de Ciència i Enginyeria Nàutiques



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH
Facultat de Nàutica de Barcelona

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo no hubiese sido posible sin la colaboración de mucha gente y seguramente nos dejemos a alguien, pero sin la ayuda de las siguientes personas este proyecto no hubiese sido tan gratificante. Ya que además de una embarcación hemos construido amistades.

A nuestras familias por el apoyo y la financiación de este proyecto y por estar siempre detrás nuestro para ayudarnos en todos los aspectos de la vida.

A Jordi Torralbo por cedernos el taller de la facultad y sus consejos.

A Jordi Mateu por cedernos las instalaciones de Marina Vela y por la siempre presente predisposición de ayudar.

A la junta directiva de la facultad, y en especial, al Decano Agustí Martín por cedernos el hall de la facultad para exponer la embarcación.

A todo el equipo del Club Patí Vela Barcelona, por todo. Por la ayuda logística, el espacio, las herramientas, los consejos, las risas, las comidas, por mojarse los pies el día de la botadura y un sin fin más de detalles. Gracias, Omar, Joan, Fran, Albert y Rafel. Ha sido un placer trabajar codo con codo en la dársena.

Y finalmente a Sergio Velásquez por la motivación y el empuje durante todo el proyecto. Cuando se transmite ilusión se hacen cosas ilusionantes.

RESUMEN

Este proyecto tiene como objetivo recuperar una embarcación clásica, cuyo casco se construye íntegramente en madera, aplicando conceptos de diseño actuales sobre planos y modelos originales extraídos de una publicación de 1957 llamada Boat Builder's Handbook.

El nombre del tipo de embarcación es Missiles y se trata de una embarcación monocasco propulsada a vela y una eslora total de 19 pies.

Se pretende además mejorar los parámetros de estabilidad, navegabilidad y propulsión, al aplicar técnicas modernas de construcción que facilitan y hacen visible su potencial producción y comercialización.

El diseño se orienta a aplicar técnicas de fabricación y montaje que permitan conseguir la construcción de embarcaciones a bajo coste y bajo el concepto *make yourself*.

Además se busca una interacción más realista con el mundo de la construcción naval. A partir de la construcción desde cero de la embarcación donde se deben solucionar los problemas que un proyecto de estas características conlleva aplicando los conocimientos obtenidos durante los años de estudio en la universidad.

ABSTRACT

This project aims to recover a classical boat, whose hull is made entirely of Wood, applying current design concepts and techniques, based on the plans and original model extracted from a 1957 publication called Boat Builder's Handbook.

The name of the boat type is Missile and it is a monohull boat propelled by sail and has a total length of 19 feet.

It is also intended to improve the parameters of stability, navigability and propulsion, by applying modern construction techniques that facilitate and make viable their potential production and commercialization.

The design is oriented to the application of manufacturing and assembly techniques that allow the construction of boats at a low cost and under the "make yourself" concept.

The project also seeks a practical approach to the world of shipbuilding. Starting from the construction of the boat from scratch, where the problems that a project of these characteristics entails must be solved, different knowledge obtained during the years of study at the university, is applied.

TABLA DE CONTENIDOS

AGRADECIMIENTOS	III
RESUMEN	IV
ABSTRACT	V
TABLA DE CONTENIDOS	VI
LISTADO DE FIGURAS	VIII
LISTADO DE TABLAS	IX
1. INTRODUCCIÓN	12
<u>1.1 Elección del trabajo</u>	12
<u>1.2 Elección del modelo</u>	13
<u>1.2.1 Tipo de construcción</u>	13
<u>1.2.2 Diseños contrastados</u>	16
<u>1.3 Modelo elegido</u>	17
<u>1.3.1 Criterios de elección</u>	20
<u>1.3.2 Planos Missile</u>	21
<u>1.4 Viabilidad del proyecto</u>	25
<u>1.4.1 Promoción empresarial</u>	25
<u>1.4.2 Continuidad del proyecto con visión empresarial</u>	27
<u>1.4.3 Estudio de mercado</u>	28
2. PLANOS DIGITALES	32
<u>2.1 Modificación del modelo</u>	32
<u>2.1.1 Materiales a utilizar</u>	32
<u>2.1.2 Dimensiones del modelo</u>	39
<u>2.1.3 Formas de la estructura</u>	42
<u>2.1.4 Tipos de uniones</u>	45
<u>2.2 Modelo 3D</u>	47
<u>2.2.1 Rhinoceros</u>	47
<u>2.2.2 Maxsurf</u>	64
<u>2.3 Modelo 2D</u>	67
<u>2.3.1 Autocad</u>	67
3. ESTUDIO HIDRODINAMICO	71
<u>3.1 Desplazamiento</u>	71
<u>3.1.1 Cálculo de pesos</u>	71
<u>3.2 Estabilidad</u>	73
<u>3.3 Resistencia al avance</u>	77

4. CONSTRUCCIÓN	80
4.1 Elección de los lugares de trabajo	80
4.2 Herramientas utilizadas	82
4.2.1 Herramientas para trabajar la madera	82
4.2.2 Herramientas para trabajar el hierro	89
4.2.3 Herramientas para tornilleria	91
4.2.4 Otras herramientas	93
4.3 Proceso constructivo	96
5. BOTADURA	135
6. CONCLUSIONES	144
7. BIBLIOGRAFIA	145
ANEXOS	147
A1.Listado de Precios Materiales	147
A2.Planos Originales	152
A3.Encuestas	166
A4.Tabla de pesos	175
A5. Ms project	176

LISTADO DE FIGURAS

- Figura 1 Calafateado (Fuente: google imágenes)
- Figura 2 Tingladillo y Solape liso (Fuente: google imágenes)
- Figura 3 Embarcación Cutty Shark (Fuente: google imágenes)
- Figura 4 Construcción conformado en frio (Fuente: google imágenes)
- Figura 5 Planos Cat's Paw (Fuente: Svensons.com)
- Figura 6 Planos Dart Fast (Fuente: Svensons.com)
- Figura 7 Planos Falcon (Fuente: Svensons.com)
- Figura 8 Planos Dragon (fuente: google imágenes)
- Figura 9 Planos Manu (Fuente: Svensons.com)
- Figura 10 Planos Missile (Fuente: Svensons.com)
- Figura 11 Plano semipartido Missile (Fuente: Svensons.com)
- Figura 12 Planos planta y perfil estructura Missile (Fuente: Svensons.com)
- Figura 13 Planos planta y perfil resultado final Missile (Fuente: Svensons.com)
- Figura 14 Logotipo Facultat de Nàutica de Barcelona (Fuente: fnb.upc.edu)
- Figura 15 Logotipo Saló Nàutic (Fuente: Saló Nàutic)
- Figura 16 Logotipo Patí de Vela de Barcelona (Fuente: patidevela.cat)
- Figura 17 Logotipo Barcelona Clúster Nàutic (Fuente: Clúster Barcelona)
- Figura 18 Logotipo Museu Marítim de Barcelona (Fuente: mmb)
- Figura 19 Embarcación 470 (Fuente: milanuncios.com)
- Figura 20 Embarcación Hobie Cat (Fuente: vibbo.es)
- Figura 21 Embarcación Pati de Vela Català (Fuente: pativela.cat)
- Figura 22 plano cuaderna típica modelo original (Fuente: Svenson.com)
- Figura 23 Gráfico Modulo de Young - Densidad (Fuente: EduPack)
- Figura 24 Gráfico Flexión-Precio (Fuente: EduPack)
- Figura 25 Plano mástil modelo original (Fuente: Svenson.com)
- Figura 26 Planos diferentes tipos de orza modelo original (Fuente: Svenson.com)
- Figura 27 Vista lastre orza modelo real (Fuente: Propia)
- Figura 28 Comparativa modelo cuaderna original y modelo cuaderna modificada (Fuente Svenson.com, Propia)
- Figura 29 Vista cuaderna central de la bañera (Fuente: Propia Autocad)
- Figura 30 Vista ángulo astilla muerta modelo real (Fuente: Propia Autocad)
- Figura 31 Vista unión típica modelo real (Fuente: Propia)
- Figura 32 Vista unión quilla - cuaderna mediante sobrequilla (Fuente: Propia)
- Figura 33 Vista guía de formas formato 3D (Fuente: Propia Rhinoceros)
- Figura 34 Vista cuaderna delineada formato 3D (Fuente: Propia Rhinoceros)
- Figura 35 Vista cuadernas delineadas sobre guía de formas (Fuente: Propia Rhinoceros)
- Figura 36 Vista cuaderna sólida en formato 3D (Fuente: Propia Rhinoceros)
- Figura 37 Vista sección quilla delineada formato 3D (Fuente: Propia Rhinoceros)
- Figura 38 Vista quilla solida con cuadernas formato 3D (Fuente: Propia Rhinoceros)
- Figura 39 Vista rodas de proa y popa solidas formato 3D (Fuente: Propia Rhinoceros)
- Figura 40 Vista trancaniles delineados y solidos formato 3D (Fuente: Propia Rhinoceros)
- Figura 41 Vista planta modelo con refuerzos de cubierta solidos formato 3D (Fuente: Propia Rhinoceros)
- Figura 42 Vista forros de cubierta solidos formato 3D (Fuente: Propia Rhinoceros)
- Figura 43 Vista detalle encaje forro inferior -quilla formato 3D (Fuente: Propia Rhinoceros)
- Figura 44 Vista forros inferiores solidos formato 3D (Fuente: Propia Rhinoceros)
- Figura 45 Vista cubierta sólido formato 3D (Fuente: Propia Rhinoceros)
- Figura 46 Vista detalle laterales cubierta formato 3D (Fuente: Propia Rhinoceros)
- Figura 47 Vista detalle crucetas mástil formato 3D (Fuente: Propia Rhinoceros)
- Figura 48 Vista arboladura, mástil y botavara formato 3D (Fuente: Propia Rhinoceros)
- Figura 49 Vista detalle soporte mástil quilla formato 3D (Fuente: Propia Rhinoceros)
- Figura 50 Vista obenques arboladura formato 3D (Fuente: Propia Rhinoceros)
- Figura 51 Vista detalle cadenote de proa formato 3D (Fuente: Propia Rhinoceros)
- Figura 52 Vista orza de hierro formato 3D (Fuente: Propia Rhinoceros)
- Figura 53 Vista pala timón y mecha formato 3D (Fuente: Propia Rhinoceros)

- Figura 54 Vista modelo completo formato 3D (Fuente: Propia Rhinoceros)
- Figura 55 Vista modelo exportación Maxsurf formato 3D (Fuente: Propia Rhinoceros)
- Figura 56 Vista modelo Maxsurf formato 3D (Fuente: Propia Maxsurf)
- Figura 57 Vista pantalla de configuración líneas de referencia (Fuente: Propia Maxsurf)
- Figura 58 Vista guía de formas formato 2D (Fuente: Propia Autocad)
- Figura 59 Vista quilla en formato 2D (Fuente: Propia Autocad)
- Figura 60 Vista cuadernas formato 2D (Fuente: Propia Autocad)
- Figura 61 Vista composición cuadernas sobre plancha formato 2D (Fuente: Propia Autocad)
- Figura 62 Vista piezas para impresión formato PDF (Fuente: Propia Autocad)
- Figura 63 Vista de pestaña de inserción de pesos y centros de gravedad (Fuente: Propia Maxsurf Stability)
- Figura 64 Vista gráfico de estabilidad GZ (Fuente: Propia Maxsurf Stability)
- Figura 65 Grafico curva de áreas (Fuente: Propia Maxsurf Stability))
- Figura 66 Grafico de Resistencia al Avance (Fuente: Propia Maxsurf Resistance)
- Figura 67 Vista drassana Patí de Vela (Fuente: Propia)
- Figura 68 Vista taller - drassana UPC Marina Vela (Fuente: Propia)
- Figura 69 Vista taller propio Passatge Batlló (Fuente: Propia)
- Figura 70 Vista taller de tecnología naval FNB (Fuente: Propia)
- Figura 71 Vista cepillo manual (Fuente: Propia)
- Figura 72 Vista Sierra de calar (Fuente: Propia)
- Figura 73 Vista sierra de cinta Patí de Vela (Fuente: Propia)
- Figura 74 Vista sierra circular Patí de Vela (Fuente: Propia)
- Figura 75 Vista cepillo de mesa Patí de Vela (Fuente: Propia)
- Figura 76 Vista fresadora (Fuente: Propia)
- Figura 77 Vista sargentos (Fuente: Propia)
- Figura 78 Vista pulidora (Fuente: Leroy Merlin)
- Figura 79 Vista papel de lija (Fuente: Leroy Merlin)
- Figura 80 Vista lima manual (Fuente: Propia)
- Figura 81 Vista sierra de mano (Fuente: Propia)
- Figura 82 Vista formón (Fuente: Leroy Merlin)
- Figura 83 Vista ingletadora de cinta (Fuente: Leroy Merlin)
- Figura 84 Vista taladro de columna (Fuente: Propia)
- Figura 85 Vista amoladora circular (Fuente: Propia)
- Figura 86 Vista equipo de soldadura Mig Mag (Fuente: Propia)
- Figura 87 Vista taladro percutor (Fuente: Propia)
- Figura 88 Vista berbiquí manual (Fuente: Propia)
- Figura 89 Vista destornillador (Fuente: Propia)
- Figura 90 Vista regla (Fuente: Propia)
- Figura 91 Vista cinta métrica (Fuente: Propia)
- Figura 92 Vista escuadra (Fuente: Propia)
- Figura 93 Vista nivel (Fuente: Propia)
- Figura 94 Vista cinchas de sujeción (Fuente: Propia)
- Figura 95 Vista listones de pino de flandes (Fuente: Propia)
- Figura 96 Vista tableros de Okumen 10mm (Fuente: Propia)
- Figura 97 Vista tableros de Okumen 20mm (Fuente: Propia)
- Figura 98 Vista tablones de abeto para roda y codaste (Fuente: Propia)
- Figura 99 Vista plantillas modelos recortadas (Fuente: Propia)
- Figura 100 Vista cuadernas marcadas sobre tablero (Fuente: Propia)
- Figura 101 Vista colocación plantillas sobre tablero (Fuente: Propia)
- Figura 102 Vista de la guía de formas proyectada encima del listón (Fuente: Propia)
- Figura 103 Vista proceso de corte de la quilla mediante sierra de cinta (Fuente: Propia)
- Figura 104 Vista proceso de corte cuadernas mediante caladora (Fuente: Propia)
- Figura 105 Vista proceso de fresado rebaje quilla (Fuente: Propia)
- Figura 106 Vista proceso de encaje cuadernas (Fuente: Propia)
- Figura 107 Vista cuadernas colocadas sobre quilla (Fuente: Propia)
- Figura 108 Vista corte de los trancaniles mediante sierra circular (Fuente: Propia)
- Figura 109 Vista momento del traslado al taller de l'Eixample Esquerra (Fuente: Propia)

- Figura 110 Vista sujeción guía de formas sobre caballete*
- Figura 111 Vista proceso de fijación y mojado de la quilla sobre guía de formas (Fuente: Propia)*
- Figura 112 Vista colocación trancaniles inferiores y sujeción mediante tornillo y sikaflex (Fuente: Propia)*
- Figura 113 Vista colocación trancaniles superiores (Fuente: Propia)*
- Figura 114 Vista refuerzos de cubierta de proa y popa (Fuente: Propia)*
- Figura 115 Vista roda de proa y popa (Fuente: Propia)*
- Figura 116 Vista detalle refuerzo alojamiento mecha del timón (Fuente: Propia)*
- Figura 117 Vista bañera a tres niveles (Fuente: Propia)*
- Figura 118 Vista cuerpo orza (Fuente: Propia)*
- Figura 119 Vista preparación planchas de pasamano de hierro negro (Fuente: Propia)*
- Figura 120 Vista proceso de soldadura láminas lastre (Fuente: Propia)*
- Figura 119 Vista detalle sujeción orza (Fuente: Propia)*
- Figura 120 Vista timón (Fuente: Propia)*
- Figura 123 Vista traslado embarcación (Fuente: Propia)*
- Figura 124 Vista proceso de corte forros laterales (Fuente: Propia)*
- Figura 125 Vista proceso fijación mediante sargentos (Fuente: Propia)*
- Figura 126 Vista fijación forro mediante tornillos (Fuente: Propia)*
- Figura 127 Vista embarcación con los forros laterales terminados (Fuente: Propia)*
- Figura 128 121 Vista embarcación en nuevas instalaciones (Fuente: Propia)*
- Figura 129 Vista proceso de forrado zona inferior (Fuente: Propia)*
- Figura 130 Vista forrado cubierta (Fuente: Propia)*
- Figura 131 Vista sellado quilla mediante resina epoxy (Fuente: Propia)*
- Figura 132 Vista sellada de juntas y orificios de tornillos (Fuente: Propia)*
- Figura 133 Vista embarcación pulida (Fuente: Propia)*
- Figura 134 Vista detalle mecha del timón (Fuente: Propia)*
- Figura 135 Vista falsa roda de proa y falso codaste (Fuente: Propia)*
- Figura 136 Vista cubierta con tapa poros (Fuente: Propia)*
- Figura 137 Vista encintada y posterior pintada (Fuente: Propia)*
- Figura 138 Vista embarcación con orza colocada (Fuente: Propia)*
- Figura 139 Vista embarcación con arboladura montada (Fuente: Propia)*
- Figura 140 Vista embarcación con vinilos (Fuente: Propia)*
- Figura 141 Vista traslado de la embarcación a peso (Fuente: Propia)*
- Figura 142 Vista varada embarcación (Fuente: Propia)*
- Figura 143 Vista varada embarcación 2 (Fuente: Propia)*
- Figura 144 Vista varada embarcación 3 (Fuente: Propia)*
- Figura 145 Vista embarcación con la vela arriba (Fuente: Propia)*
- Figura 146 Vista de la embarcación en la grúa (Fuente: propia)*
- Figura 147 Vista montaje de la jarcia (Fuente: Propia)*
- Figura 147 Vista jarcia montada (Fuente: Propia)*
- Figura 148 Vista navegación 1 (Fuente: Propia)*
- Figura 149 Vista navegación 2 (Fuente: Propia)*
- Figura 150 Vista Foto de grupo Sergio Velásquez, Eloy Edo, Agustí Martín y Jordi Matéu (Fuente: Propia)*

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1 Dimensiones originales Missile

Tabla 2 Superficie velica modelo original

Tabla 3 Superficie velica embarcación de vela ligera 470

Tabla 4 Comparativa modelo original y modelo final

Tabla 5 Datos hidrostáticos Maxsurf

Tabla 6 Comparativa densidades materiales de construcción

Tabla 7 Calculo volúmenes y pesos partes del modelo real

Tabla 8 Calculo centros de gravedad partes del modelo real

Tabla 9 Resistencia al avance según velocidades y numero de Froude

1. INTRODUCCIÓN

1.1. ELECCIÓN DEL TRABAJO

La elección de este trabajo nace del deseo y las ganas de poder aplicar los conocimientos teóricos adquiridos durante los años de estudio en la Facultad de Náutica de Barcelona, de una manera más práctica y realista. Pues si bien, son muchos los datos y conocimientos importantísimos que se imparten en la universidad, creemos que muchas veces estos no son plenamente asimilados dada la falta de conexión con el mundo real o casos prácticos. Es decir no se le encuentra la aplicación a muchas de las materias impartidas.

Es por ello que uno de los principales objetivos de este trabajo pasa por aplicar estos conocimientos adquiridos y darle una visión más cercana a lo que podrían ser los trabajos a los que nos podríamos dedicar el día de mañana.

En este trabajo en concreto podríamos decir que se han aplicado conocimientos de Teoría del Buque, de Materiales de la Industria Naval, de Construcción Naval, Construcción y diseño de Embarcaciones de Recreo, Gestión de proyectos. etc.

Así pues, motivados por el deseo de aplicar una parte de estos estudios no se nos ocurrió una mejor manera de conseguir nuestro objetivo haciendo uso de dichos conocimientos, que, construyendo una embarcación de madera, material con el que podríamos llevar a cabo el trabajo por nosotros mismos ayudados de herramientas sencillas y de bajo coste que estuviesen a nuestro alcance.

Y porque no decir-lo: Cumplir el pequeño sueño que es poder navegar en una embarcación construida con nuestras propias manos, con todo lo que ello implica, muchas horas de trabajo manual, muchas horas de búsqueda de soluciones para los contratiempos y dificultades técnicas que van surgiendo en un proyecto de esta naturaleza y el aprendizaje al que esto conlleva, tanto por los medios propios (búsqueda en libros, en Internet. Etc.) Como la inestimable ayuda de varios profesionales del sector que se han volcado en nuestro proyecto.

1.2. ELECCIÓN DEL MODELO

La elección del modelo aún que a priori no parezca una tarea de gran dificultad fue una de las tareas que nos llevó más trabajo y dificultades que considerar, pues la embarcación debía cumplir con varios requisitos y no fue fácil dar con el modelo que cumpliese con todos ellos.

Estos requisitos a tener en cuenta fueron:

- Principalmente el presupuesto ha sido un gran hándicap, dado que este tipo de proyectos adolecen de financiación por parte de la UPC y para los estudiantes supone un coste que, en la mayoría de los casos, no pueden asumir. Por tanto y debido a que los gastos corrían por nuestra cuenta, debíamos encontrar un diseño fácil de ejecutar desde el punto de vista presupuestario.
- Otro de los requisitos ha sido la inversión de tiempo pues durante la realización de este trabajo ambos estudiantes nos encontrábamos finalizando las últimas asignaturas del grado y realizando prácticas externas con la carga de trabajo que ello implica.
- Uno requisito más que ha condicionado el trabajo ha sido encontrar un modelo que se adecuase a los lugares de trabajo que teníamos previsto que podríamos utilizar para la construcción de la embarcación.
- Los materiales de construcción también han supuesto una de las limitaciones, en cuanto al proyecto, pues estos se debían adecuar a las herramientas de las que disponíamos y estar disponibles en los lugares donde nos abastecíamos de los mismos, que no son muchos
- Y por último, pero no menos importante, la dificultad técnica ya que se debía adecuar a nuestros conocimientos, pues no hay que olvidar que esta es de nuestras primeras incursiones en el mundo de la construcción naval.

1.2.1. TIPO DE CONSTRUCCIÓN

Como se ha comentado, la dificultad técnica ha sido uno de los aspectos que más nos preocupaba tanto por los problemas técnicos como por los logísticos a la hora de disponer de las máquinas y herramientas necesarias. En general, debían ser herramientas de bricolaje amateur ya que en principio no disponíamos de herramientas profesionales de carpintería, aunque a posteriori se ha podido tener acceso a alguna de ellas, hecho que nos ha facilitado mucho el avance del trabajo.

Por estos motivos se ha intentado encontrar un barco que por sus características tuviese un tipo de construcción fácil y asequible acorde con todas nuestras limitaciones y posibilidades.

Los tipos de construcción que se barajaron inicialmente fueron:

Métodos de construcción del Bote a remo:

https://wiki.ead.pucv.cl/Métodos_de_construcción_del_Bote_a_remo

Construcción tradicional

En el sistema tradicional de construcción de barcos de madera primero se planta la quilla, las rodas y las cuadernas. A partir de este «esqueleto» del casco, se va construyendo el forro (generalmente a base de planchas yuxtapuestas dispuestas encima de las cuadernas). Las planchas del forro se suelen poner tan horizontales como sea posible. Según el sistema de disposición de las planchas o latas hay tres variantes en la construcción de cascos «con esqueleto»:

- Planchas yuxtapuestas
- Planchas en tingladillo
- Planchas cosidas

El sistema de planchas yuxtapuestas era el más popular en las costas del Mediterráneo. Barcas, bous, gussis y barcos de gran porte tenían cascos según esta disposición. El método de planchas en tingladillo (en el que cada lata se solapa sobre la lata inferior) era típica de las costas atlánticas. Un ejemplo serían los barcos de los Vikingos, los drakkars. El método de coser las planchas se seguía en diversas partes del mundo, con ejemplos en los países nórdicos y en las costas del Índico. En las canoas polinesias el casco principal solía ser de una sola pieza, que incorpora quilla, roda y forro en un conjunto. En los modelos más grandes los lados se alzaban con dos planchas suplementarias cosidas al casco.

Planchas yuxtapuestas: Se usan herramientas de calafatear, para introducir la estopa entre las tablas a tope de agua, la expansión de la madera al mojarse garantizará la estanqueidad del casco. El casco liso tendrá la ventaja de deslizarse suave y sigilosamente por el agua (Véase figura 1)



Figura 1 Calafateado (Fuente: google imágenes)

Método de casco trincado o casco a tingladillo: En inglés Clinker es un método de construcción naval que se caracteriza por el hecho de que las tablas usadas para la construcción del entablado del casco se superponen unas a otras. La estructura interna de la nave (esqueleto) se construye una vez que el casco va tomando forma, al contrario de otros métodos donde el esqueleto define la forma del casco. Fue una construcción muy común en la era vikinga y los pueblos de la Europa septentrional. El casco trincado ha perdurado hasta tiempos más modernos, especialmente en los wherry y skiffs del río Támesis (Véase figura 2).

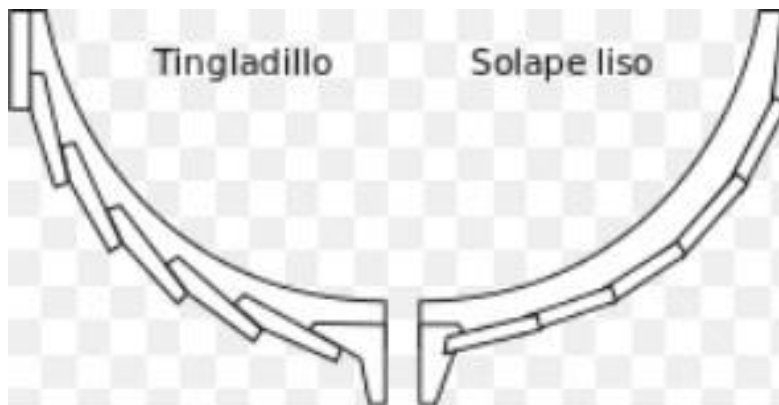


Figura 2122 Tingladillo y Solape liso (Fuente: google imágenes)

Construcción mixta hierro-madera: Antes del predominio de los cascos de hierro, hubo un período en el que los cascos se construían con esqueleto de hierro forjado industrial (wrought iron), pero con el forro de madera. Un ejemplo típico es el del famoso clíper Cutty Shark (Véase figura 3).



**Otros
sistemas**

Figura 3 Embarcación Cutty Shark (Fuente: google imagenes)

De la época previa a la construcción de cascos de acero, hay un tratado de construcción naval que preconizaba un sistema diferente al tradicional para barcos de madera. Desde el punto de vista numérico parece que no fue muy practicado en grandes barcos. Ese sistema se llamaría después de «casco conformado en frío». El sistema de «casco conformado en frío» (cold Molded hull) se basa en construir el forro mediante

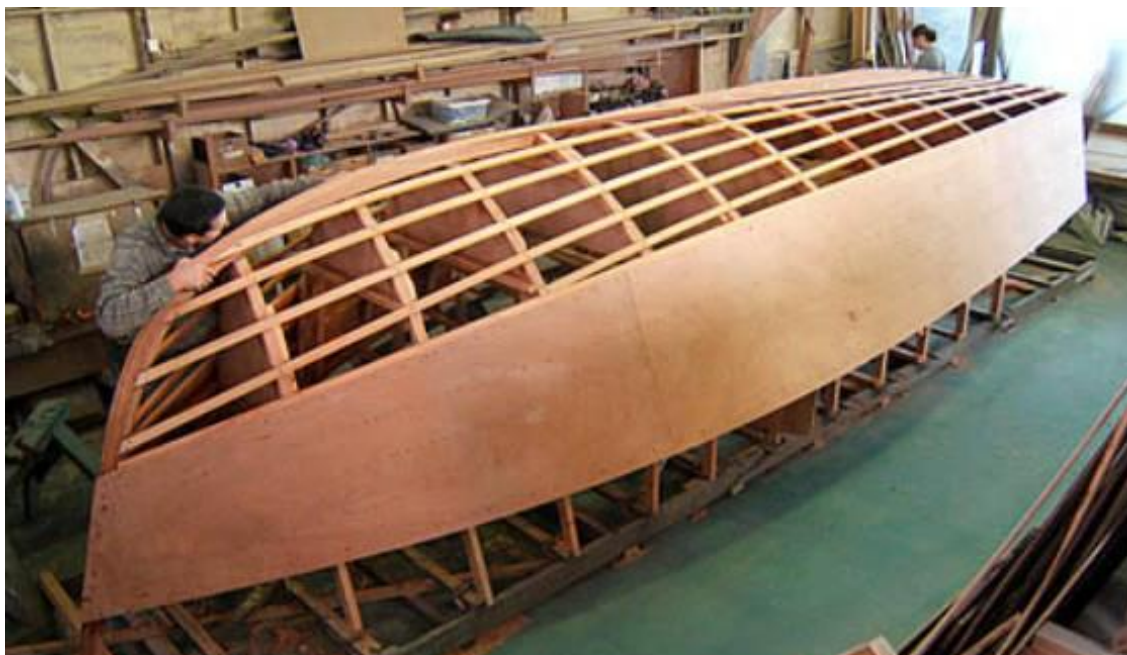


Figura 4 Construcción conformado en frío (Fuente: google imágenes)

tres o más capas de planchas delgadas adaptándolas sobre un molde con unas formas. Cada capa de planchas puede ir dispuesta de varias maneras, pero un método típico consisten disponer la primera capa con las planchas 45 grados (en relación con la quilla), la segunda con las planchas perpendiculares a la primera y la tercera de forma horizontal. En muchos casos la «piel», formada por las diversas capas de planchas contrapuestas y formando una sola pieza, es lo suficientemente fuerte para resistir todos los esfuerzos considerados en el proyecto del casco y se puede prescindir de las cuadernas y de otros elementos de refuerzo (Véase figura 4).

Método inglés: Este método es igual que el método tradicional, es decir, inicialmente se plantean la quilla, las ruedas y las cuadernas, creando el esqueleto. Pero en este caso se incluye también un elemento nuevo. La guía de formas, que simplemente es un listón de las mismas dimensiones que la quilla y va superpuesta en esta y en el que previamente a su montaje se le creara las cavidades para las cuadernas en su lugar exacto a lo largo de la eslora del barco. Esta guía de formas nos servirá para colocar todas las cuadernas en su lugar exacto y poder darle la forma óptima a la quilla del barco.

Este último método, el inglés, fue el que finalmente se utilizó, ya que el diseño que más se adecuaba a nuestras necesidades por ser el que era más compatible con nuestros requisitos.

1.2.2. DISEÑOS CONTRASTADOS

Cat's Paw (Véase figura 5):

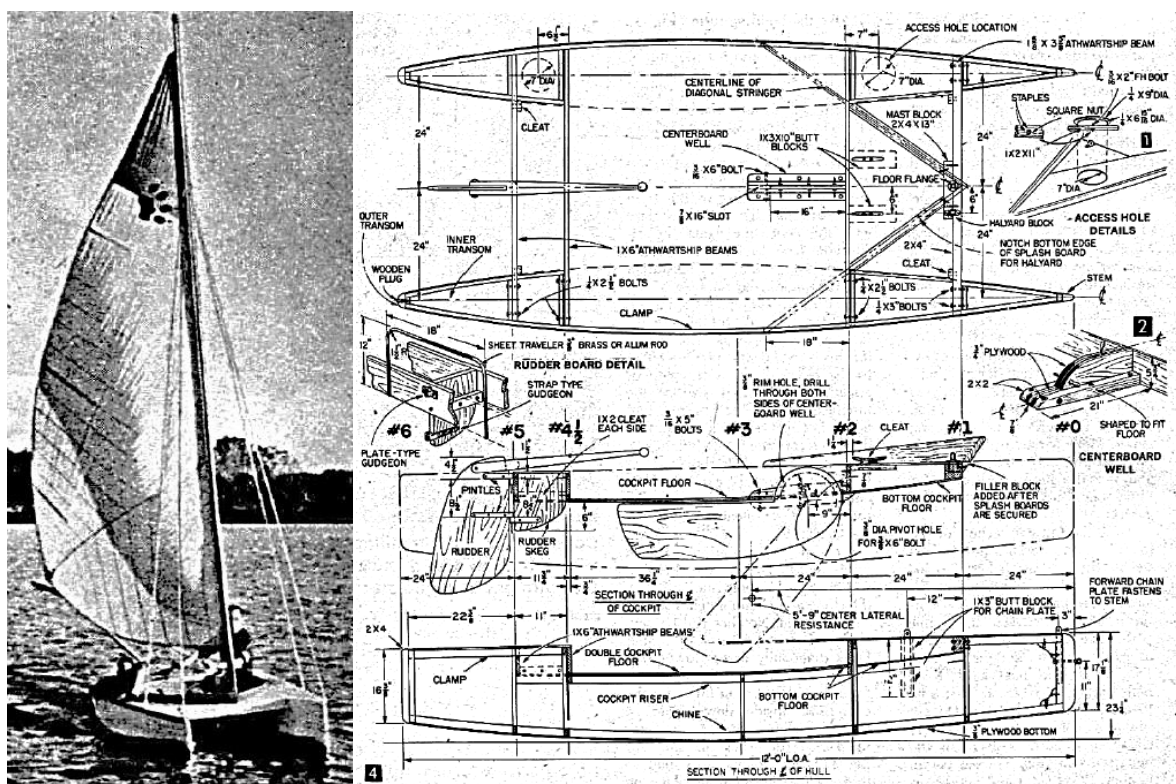


Figura 5 123 Planos Cat's Paw (Fuente: Svensons.com)

Dart. A Fast 13-Foot Sailboat (Véase figura 6):

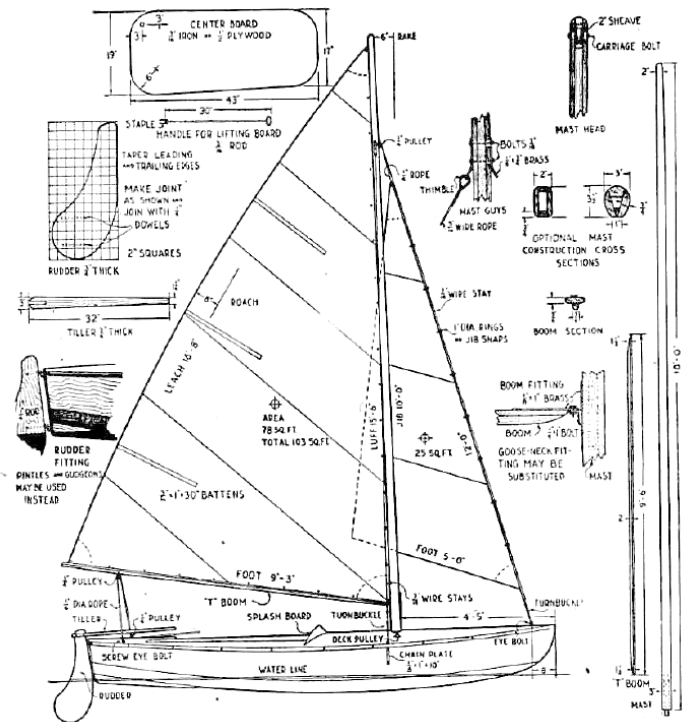


Figura 6 124 Planos Dart Fast (Fuente: Svensons.com)

Falcon. 14 feet sailingboat (Véase figura 7):

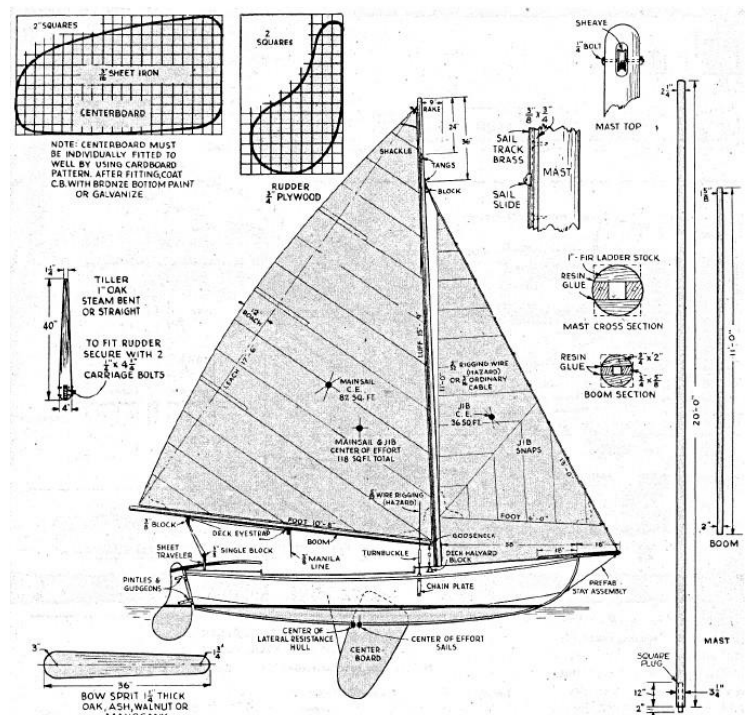
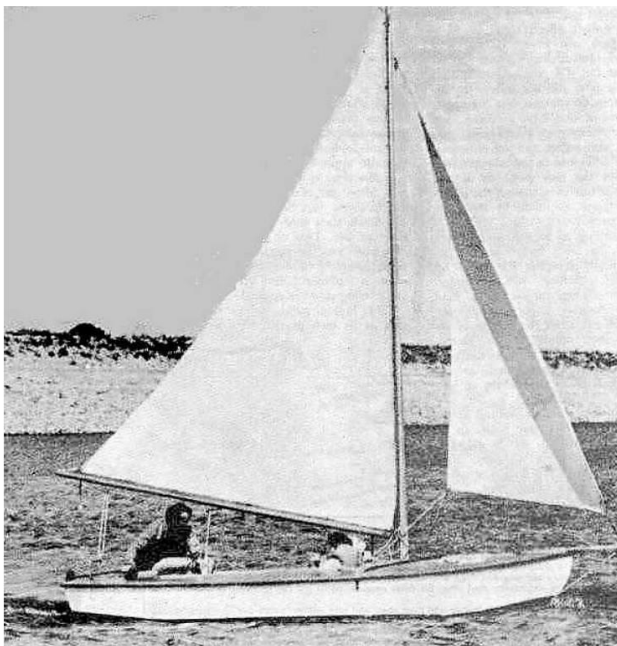


Figura 7 Planos Falcon (Fuente: Svensons.com)

Dragon:

Tipo: velero clase Dragon. Origen: astillero Borresen's Dinamarca. Año de construcción: 1966. Eslora máxima: 8,90m. Manga: 1,96m. Calado:

1,20m. Aparejo: Marconi. Velamen: Mayor, génova y spinaker.

Velero de regatas de la clase Dragon, construido en los astilleros Borresen de Dinamarca el año 1966. La clase Dragon, que fue olímpica de 1948 a 1972, Presenta unas características específicas de construcción con respecto a otros veleros y ha estado en peligro de desaparición (Véase figura 8).

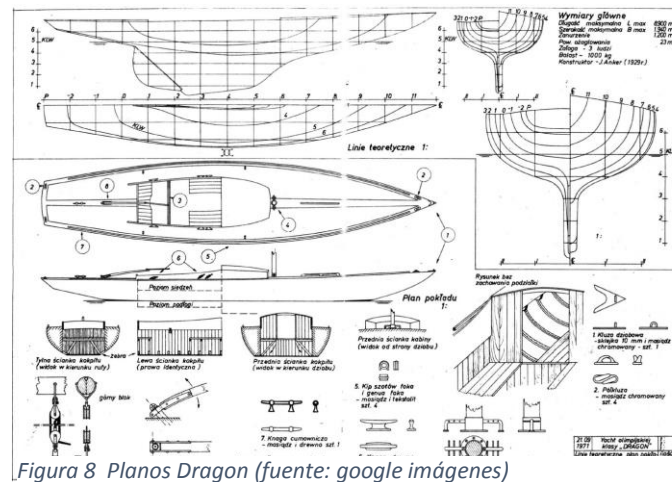


Figura 8 Planos Dragon (fuente: google imágenes)

Manu. A 30 mph Planing Sailboat (Véase figura 9):

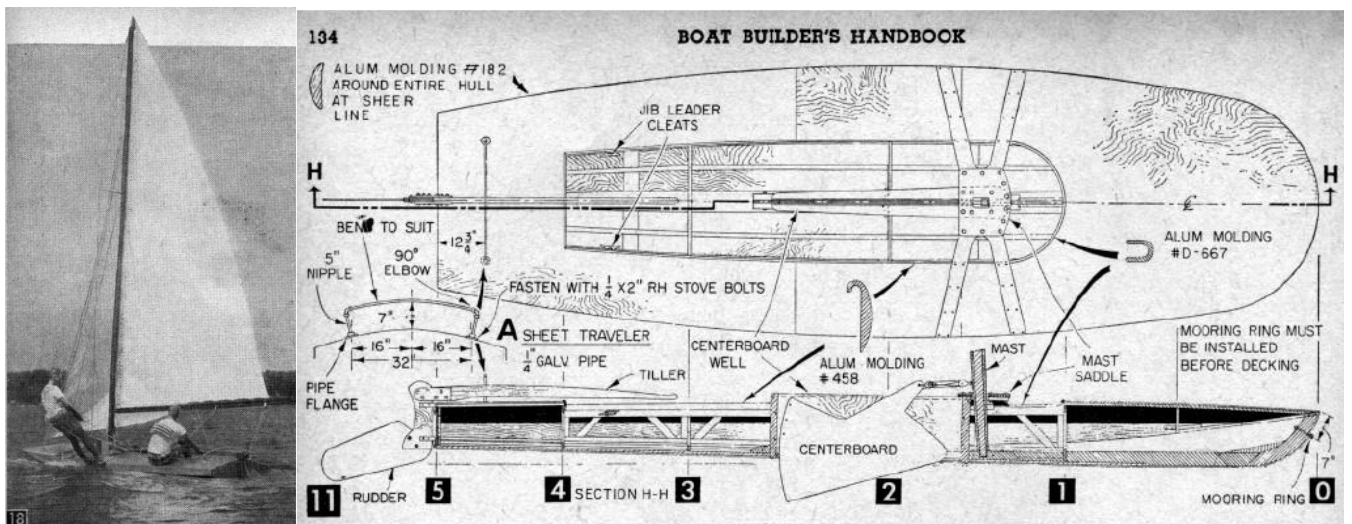


Figura 9 Planos Manu (Fuente: Svensons.com)

1.3. MODELO ELEGIDO

Finalmente el modelo elegido fue el Missile, una embarcación de regatas de 19 pies de eslora. Diseñado por C.T Allen. El casco se construye íntegramente en madera. El diseño original del buque cuenta con unos 100 años de antigüedad. El modelo se sacó de un libro de construcción amateur publicado en 1957 de nombre Boat Builder's Handbook (Véase figura 10).

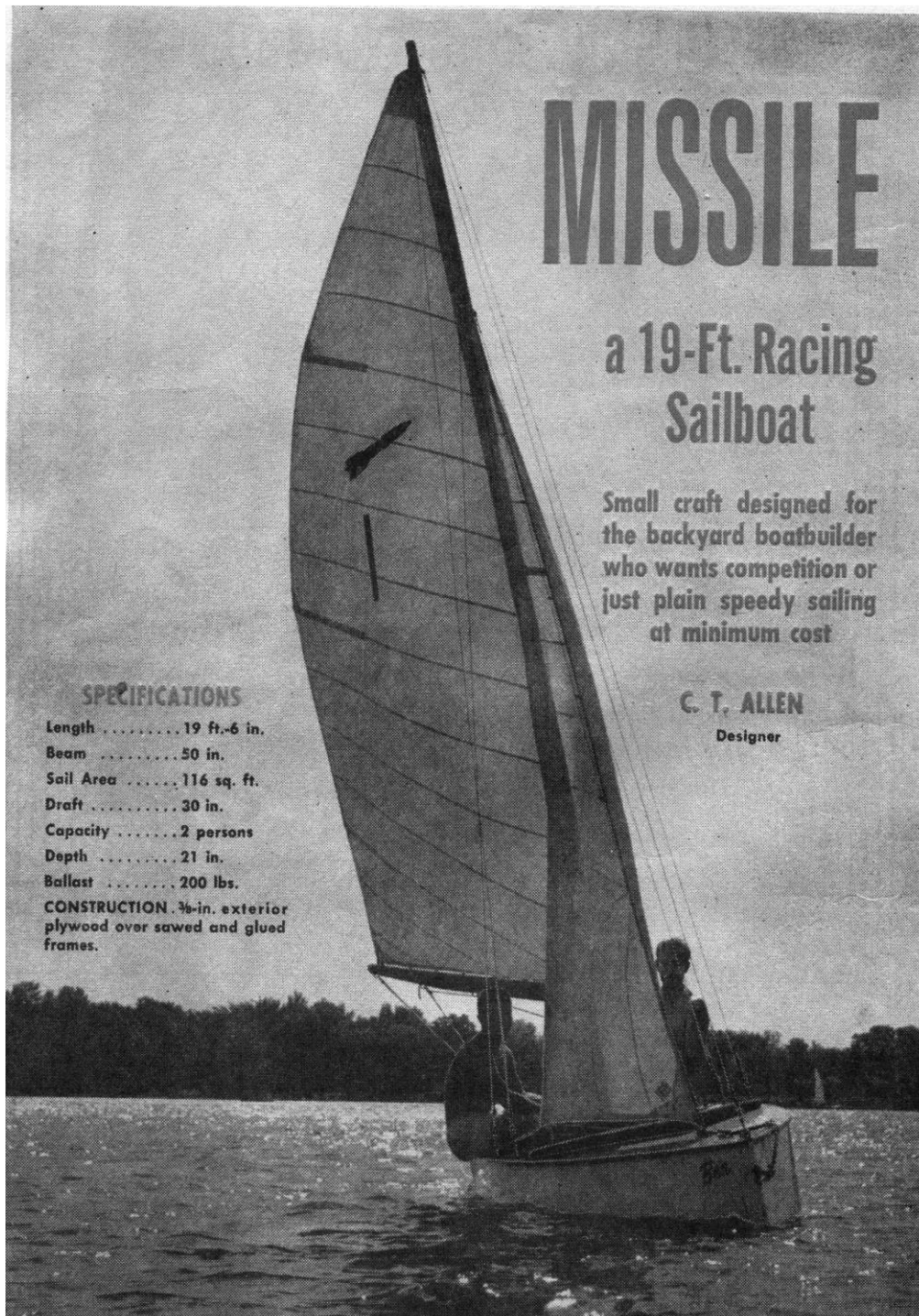


Figura 10 Planos Missile (Fuente: Svensons.com)

1.3.1. CRITERIOS DE ELECCIÓN

Los criterios de elección del modelo han sido los anteriormente comentados en el apartado de elección del modelo. Todo y así se hará un breve recordatorio de los mismos:

- **El presupuesto:** inicialmente queríamos gastar alrededor de 500 euros por persona como máximo. Entonces debíamos encontrar una embarcación que inicialmente estuviese cerca de los 700 euros como máximo, dado que teníamos por seguro que el presupuesto final aumentaría nuestros cálculos casi seguro. El modelo elegido tal y como indican sus planos, tiene un presupuesto acorde con el solicitado.
- **Duración del proyecto:** la duración era un tema importante, pues el tiempo que disponíamos para invertir en el proyecto era limitado dado que lo debíamos compaginar tanto con las últimas asignaturas del grado como con la realización de las prácticas curriculares. La construcción del modelo, una vez leídos los planos, no presenta mucho tiempo de construcción,
- **Lugares de trabajo:** el lugar de trabajo sin lugar a dudas era uno de los criterios más limitantes, pues al inicio del proyecto no teníamos claro con que espacios podríamos contar así que decidimos tomar como parámetro máximo el más pequeño de ellos. Las dimensiones del modelo son acorde con nuestros posibles lugares de trabajo, además, se trata de una embarcación para dos tripulantes.
- **Materiales constructivos:** otro más de los criterios serían los materiales con los que construir la embarcación, pues como ya se ha comentado, nos encontrábamos muy limitados por las herramientas de que disponíamos para la construcción y si bien cabía la posibilidad de conseguir herramientas y maquinaria más especializada no queríamos contar con ella por si finalmente no era posible no quedarnos sin margen de maniobra. Los materiales con los cuales está construida la embarcación, según los planos, es accesible su compra a nivel usuario.
- **Dificultades técnicas:** partiendo de la base que se trataba de la construcción de nuestra primera embarcación. Debíamos encontrar un barco con unas exigencias técnicas acordes a nuestras capacidades. Es decir de cierta simplicidad, si es que la construcción de una embarcación puede gozar de ese adjetivo. Una vez estudiados los planos y leído la guía de construcción, hemos decidido que la construcción del modelo es acorde con nuestras capacidades técnicas.

1.3.2. PLANOS MISSILE

En este apartado se adjuntan los planos originales de la embarcación extraídos del Manual Boat Builder's Handbook (Véase figura 11, 12 y 13).

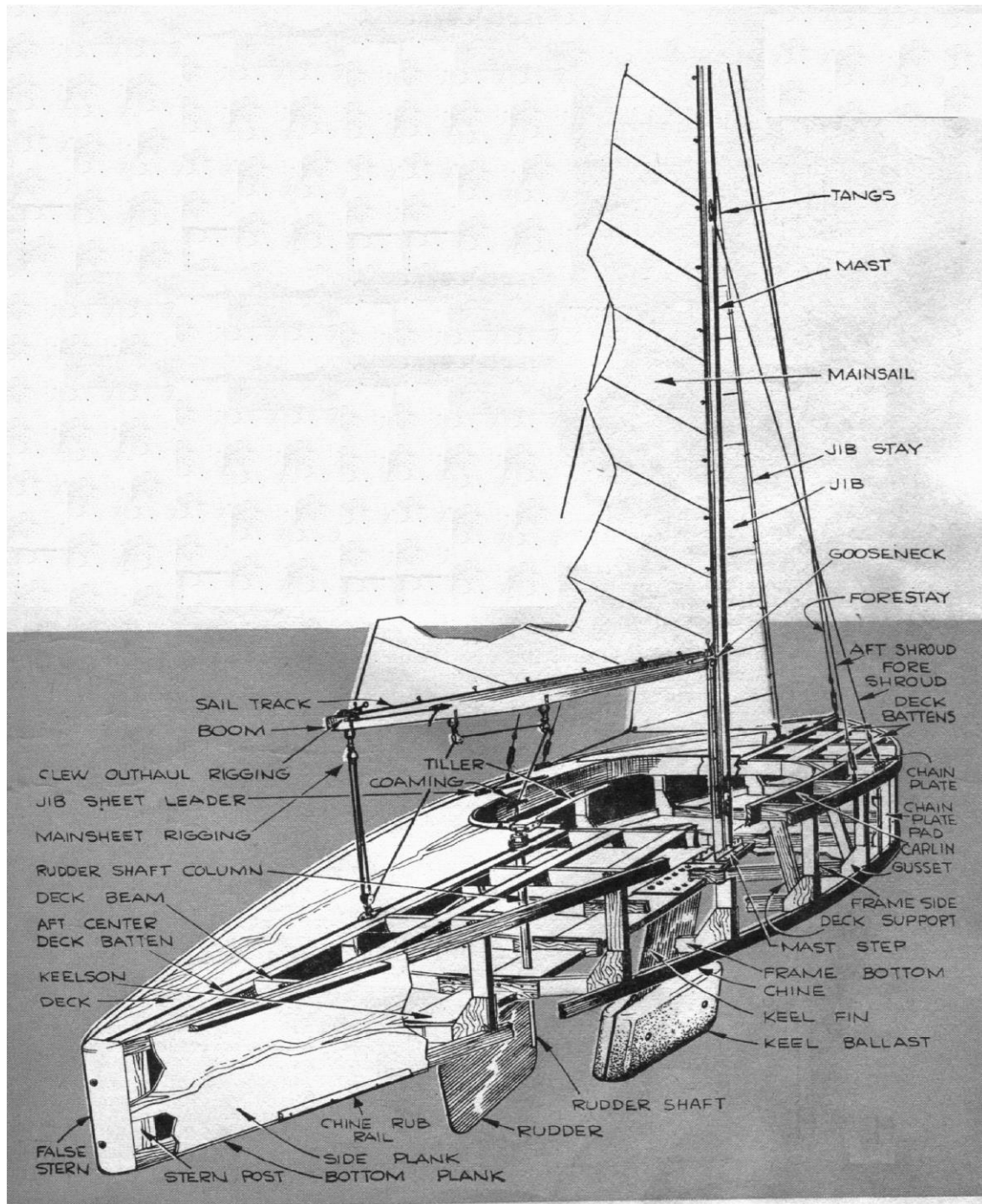
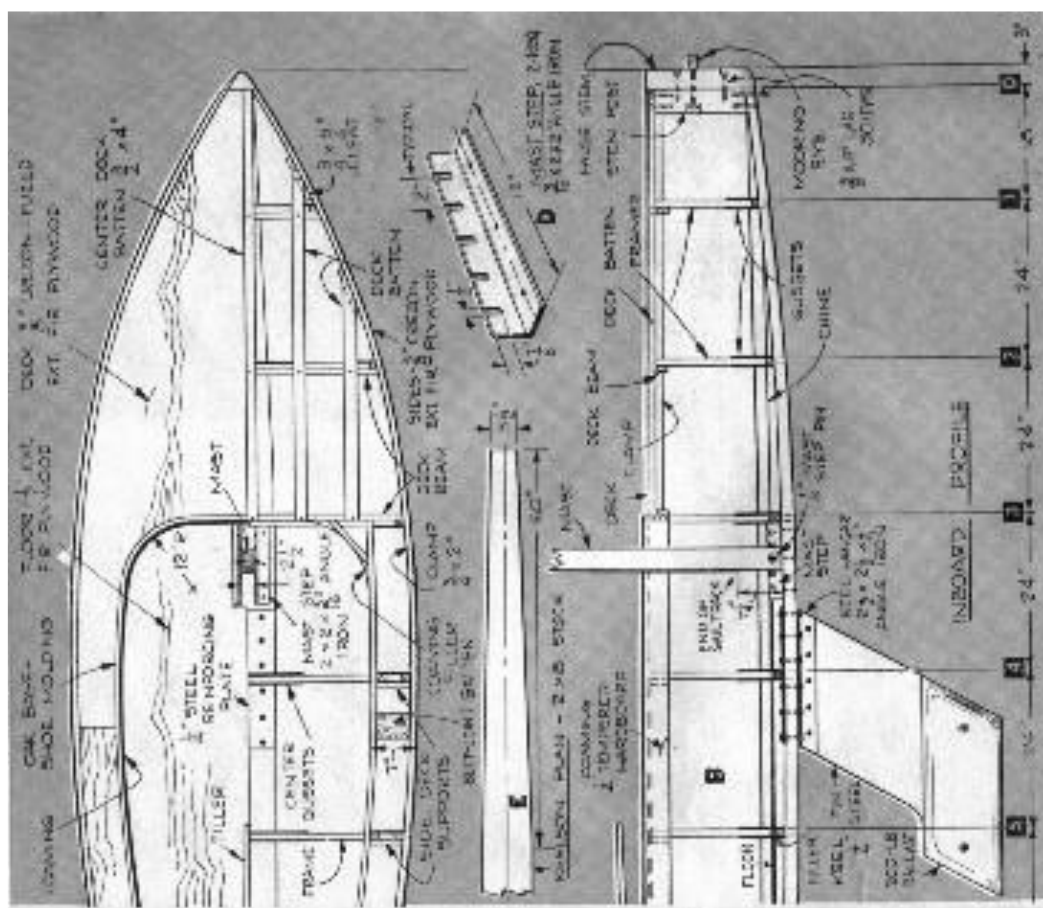


Figura 1251 Plano semipartido Missile (Fuente: Svensons.com)



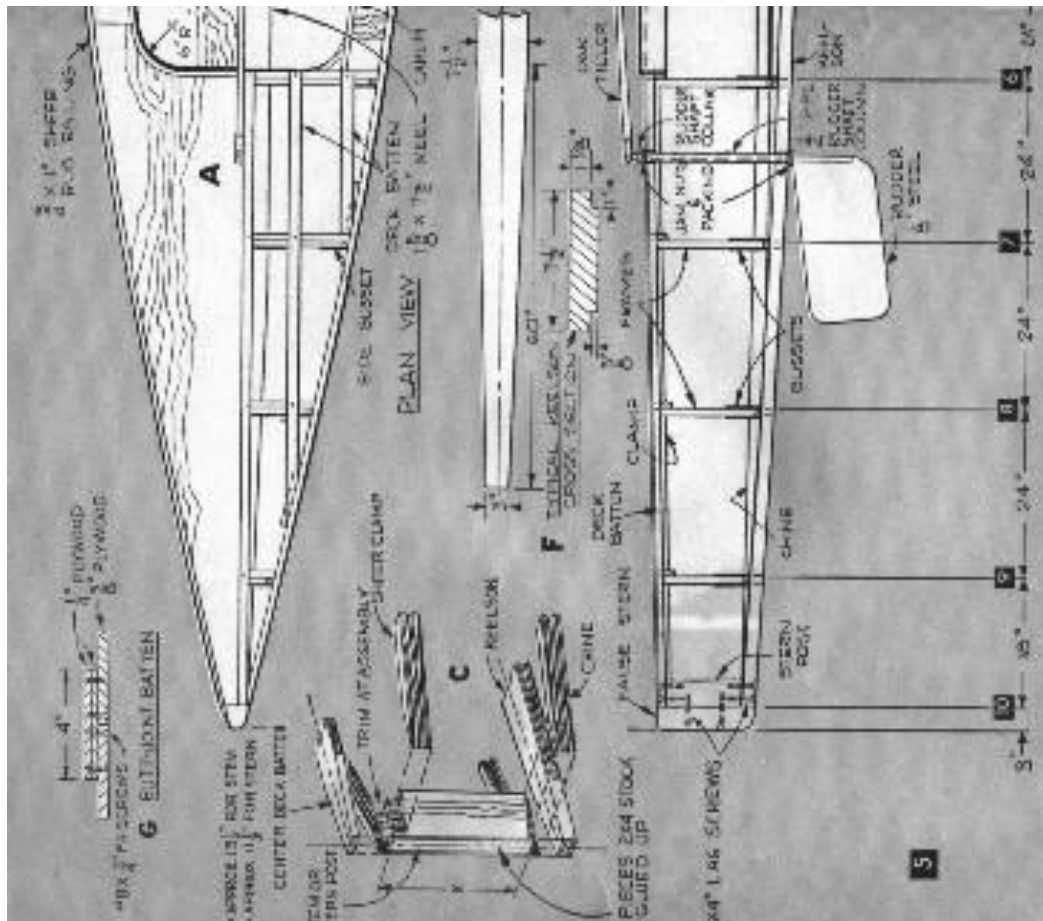


Figura 1262 Planos planta y perfil estructura Missile (Fuente: Svensons.com)

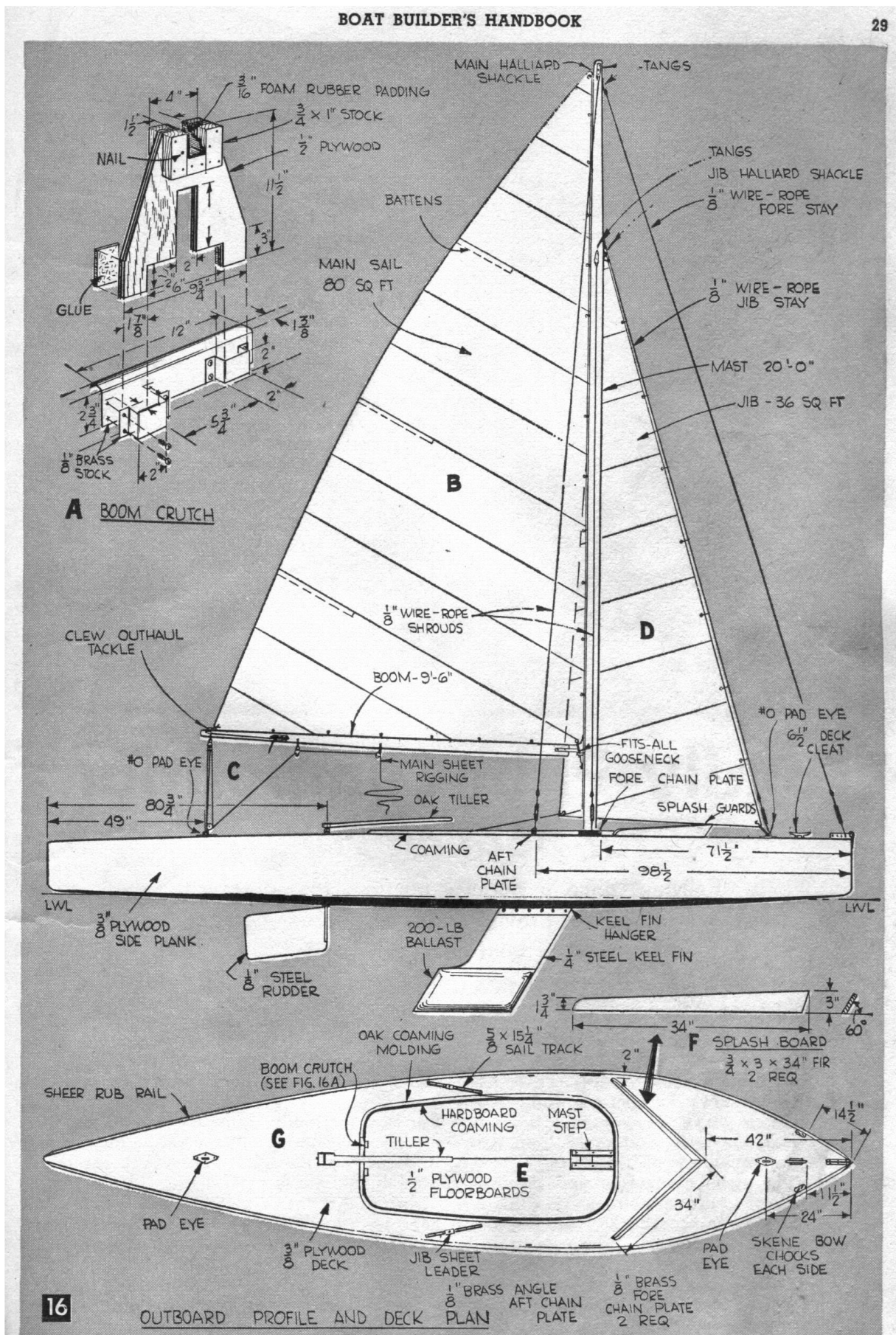


Figura 13 Planos planta y perfil resultado final Missile (Fuente: Svensons.com)

1.4. VIABILIDAD DEL PROYECTO

Aparte de ser un proyecto "romántico" por así decirlo. Dada la motivación que existía por parte de ambos estudiantes, sin mayor pretensión que sacar adelante un trabajo de fin de grado con el cual aportar a nuestro entorno académico y social una metodología de construcción naval, basada en conocimientos actuales tanto de diseño como de construcción, hemos podido comprobar que, con el avance del proyecto se nos ha presentado la oportunidad de ir un poco más allá y valorar la posibilidad de promover el proyecto a nivel institucional y, porque no, de darle un enfoque comercial a la embarcación al tratarse de la producción de un producto bien diseñado, útil y funcional que quizás pueda ser del interés por parte de algún colectivo particular, aprovechando las ventajas de la embarcación, bajo coste, fabricación relativamente rápida y de fácil almacenaje al no requerir de un amarradero en puerto.

1.4.1. PROMOCIÓN EMPRESARIAL

En esta línea la idea es poder continuar con la difusión de la embarcación más allá de la finalización de este trabajo de fin de grado.

La intención es iniciar una serie de acciones dedicadas a publicitar la embarcación y sus bondades, como podrían ser:

- El bajo coste de su construcción, en comparación de embarcaciones de esloras y características similares.
- La relativa facilidad técnica de su construcción y la posibilidad de aplicar el concepto "Ikea" mediante la modularización de las distintas piezas (quilla, varengas, cuadernas...)
- La buena maniobrabilidad de la embarcación y sus prestaciones en el mar. Se trata de una embarcación muy segura, dada su gran estabilidad. Y sus características la hacen, casi, una embarcación con prácticamente nulas posibilidades de volcar, a la par que rápida y ágil.
- La facilidad de su almacenamiento dado su poco peso y dimensiones

Posibles entidades colaboradoras:

Las entidades y eventos con los que creemos que podría encajar nuestro proyecto y así recibir una difusión notoria serían:

- Facultad Náutica de Barcelona. El barco estará expuesto durante un período de tiempo en el hall de la Facultad con un cartel informativo del proyecto y sus futuras aspiraciones (Véase figura 14).



Figura 14 Logotipo Facultat de Nàutica de Barcelona (Fuente: fnb.upc.edu)

- Salón Náutico. La idea sería poder tener el barco expuesto durante la celebración del salón náutico en Barcelona y al igual que en la facultad poder hacer un poco de difusión de nuestra embarcación y sus planes para el futuro (Véase figura 15).



Figura 15 Logotipo Salón Náutico (Fuente: Salón Náutico)

- Pat Vela Barcelona. La propuesta con el Patí sería en el caso de tener demanda para la construcción de más embarcaciones. Poder contar con su dársena, en horarios convenidos y pactando una remuneración previa, para poder llevar a cabo la construcción en sus instalaciones (Véase figura 16).



Figura 16 Logotipo Patí de Vela de Barcelona (Fuente: patidevela.cat)

- Clúster Náutico de Barcelona: La propuesta sería tanto a nivel de difusión, de igual forma que con el Patí, ver si alguna de las empresas que integra el Clúster Náutico podría encontrar un espacio en el que ubicar nuestra futura actividad (Véase figura 17).



Figura 17 Logotipo Barcelona Clúster Nàutic (Fuente: Clúster Barcelona)

- Museu Marítim de Barcelona: igual que en los dos anteriores casos, la idea sería poder contar con instalaciones para la construcción de futuras embarcaciones, así como de ayuda en la difusión del proyecto (Véase figura 18).



Figura 18 Logotipo Museu Marítim de Barcelona (Fuente: mmb)

1.4.2. CONTINUIDAD DEL PROYECTO CON VISIÓN EMPRESARIAL

Dado que se trata de una embarcación de relativa fácil construcción, si se produjera en cadena, abarataría mucho los costes y los tiempos de construcción.

Por lo tanto hemos determinado que se podrían construir dos embarcaciones al mes de forma simultánea contando con el espacio y herramientas adecuadas.

En cuanto a la salida comercial, consideramos y que con un estudio de mercado, podría demostrarse que sería una embarcación con gran acogida por parte de los consumidores dadas todas las bondades anteriormente mencionadas:

- Fácil almacenamiento
- Bajo coste
- Pronta disposición de la embarcación desde su pedido
- Embarcación rápida y competitiva

Por todo ello creemos que existe un perfil de consumidor que estaría dispuesto a invertir su capital en una de nuestras embarcaciones.

Aun así y como reclamo de más clientes se planea la construcción de entre 5 y 10 embarcaciones más, a precio de coste, recuperando los costes materiales y de personal, ofertados a los primeros consumidores que las encargaran. Y de esta manera poder crear una clase, pasando a organizar eventos y regatas periódicamente, consiguiendo una mayor difusión y el posterior aumento de demanda de embarcaciones.

Se planea conseguir los contratos de las 5-10 primeras embarcaciones a partir de la difusión y la repercusión mediática que se consiga a partir de las instituciones anteriormente apuntadas. La construcción de las mismas sería en las instalaciones de alguna de ellas.

Una vez se tuviesen estas embarcaciones se procedería a la celebración de los eventos y regatas mediante subvenciones de las instituciones y otras entidades públicas.

Finalmente se procedería a la creación de la clase anteriormente comentada con el consecuente incremento en la demanda de nuevas embarcaciones posibilitando la fundación de un astillero propio para la construcción del producto, manteniendo y ofertando otros productos derivados.

1.4.3. ESTUDIO DE MERCADO

El estudio de mercado se ha realizado a partir de varios segmentos:

- **Definición de la meta:** la meta del proyecto empresarial sería crear una clase, por el aumento de demanda que esto generaría. Y las posteriores reparaciones de las embarcaciones existentes.

Inicialmente los trabajos se realizarían en espacios cedidos, para más adelante hacerse con un local propio.

- **Público al que va dirigido:** se ha estudiado el universo en el que tiene impacto nuestro proyecto y el número aproximado de clientes potenciales y posibles demandas de los mismos. Para ello se han tomado como clientes todos los socios de los clubs con más flota de vela ligera del litoral catalán, que son 15, a una media de 500 socios por club. Por lo tanto nuestro universo es de 7500 personas.

- **Viabilidad del proyecto:** que incluye la relevancia del mismo, que sea diferente y que tenga un precio competitivo

- Relevancia:

Este es muy importante pues nos da la pista de si seremos capaces de convencer a nuestros potenciales cliente de que dejen la competencia y opten por nuestra embarcación. Esto se ha hecho mediante una encuesta que se entregó a algunos de nuestros potenciales clientes, socios de clubs del litoral catalán, y expertos en la materia, directores de clubs náuticos, técnicos deportivos y constructores de embarcaciones de recreo. En total se han realizado 15 encuestas.

El resultado de las encuestas es satisfactorio y nos indica que la embarcación tendría una buena acogida en el escenario de la vela ligera catalán.

A continuación se presenta un ejemplo de la encuesta que se ha dirigido a los distintos clientes potenciales y demás encuestados:

MODELO DE ENCUESTA:

- *¿Navega periódicamente? Sí/NO*
- *¿En qué club navega?*
- *¿En qué embarcación navega?*
- *¿Compite? Sí/NO*
- *¿Tiene embarcación propia? Sí/NO*
- *¿En caso afirmativo, cuál?*
- *¿En caso negativo por qué motivo? (falta de espacio, presupuesto...)?*
- *¿Si se comprara una embarcación cuál sería su presupuesto?*
- *¿Compraría una embarcación Missile con un precio de 3500 euros?*

- Que sea diferente:

Nuestra embarcación cuenta con el añadido de ser una embarcación de época recuperada con el atractivo que ello conlleva y además es de madera, hecho que le otorga una gran personalidad, sin perder sus prestaciones de embarcación rápida y ágil lo que le permite ser competitiva en regata.

- Precio competitivo en relación con las prestaciones y funcionalidad:

Comparación de nuestra embarcación con otras de característica similares, comparando el precio de venta.

El precio final de nuestra embarcación se ha calculado de la siguiente manera:

- Material casco 900 euros (madera, hierro, colas. Etc.)
- Arboladura 500 euros (Mástil, botavara, obenques. Etc.)
- Velas 300 euros (mayor y foque)
- Horas de trabajo 1500 euros (una persona)*
- Otros gastos (recambios herramientas, gastos suministros. Etc.)

Por lo tanto suma una cantidad total de 3500 euros.

*Por el método de trabajo se asume que se pueden hacer dos embarcaciones simultáneamente cada mes, entonces se podrían tener dos sueldos a dedicación completa. Si por el contrario la demanda fuese de una única embarcación se trabajaría a media jornada.

-Embarcación de vela ligera 470 (Véase figura 19):

470 MACKAY MUY BUEN ESTADO

9.500 €

Ref: 266502572

Particular

OFERTA - Vela ligera en Palma de mallorca (BALEARES)



Figura 19 Embarcación 470 (Fuente: milanuncios.com)

-Catamarán de vela ligera Hobie Cat (Véase figura 20):



Figura 20 Embarcación Hobie Cat (Fuente: vibbo.es)

hobie cat FX one

5.800€

año 2009 | eslora 5.18 m

En catamaranes de ocasión, barco de la marca hobie cat del año 2009 con una eslora de 5.18 m. Modelo hobie cat FX one.

Anuncio publicado por
(Particular)

Contactar

- Compartir este anuncio
- Avisame si baja de precio
- Añadir a favoritos
- Imprimir

-Embarcación Patí de Vela Català de Vela ligera (Véase figura 21):



Figura 21 Embarcación Pati de Vela Català (Fuente: pativela.cat)

Las anteriores imágenes han sido extraídas de páginas web de barcos de segunda mano, menos el patín que se ha extraído directamente de su portal web. Como se ve en ellas, los precios aun siendo embarcaciones de segunda mano, y con varios años de antigüedad, son muy elevados. Por lo tanto se concluye que nuestra embarcación tiene un precio muy competitivo en comparación con embarcaciones de características y prestaciones similares.

2. PLANOS DIGITALES

2.1. MODIFICACION DEL MODELO

Una vez planteado y analizado el modelo, se plantearon tres modificaciones principales:

- Los materiales a utilizar.
- Las dimensiones del modelo.
- Las formas de la estructura.
- Los tipos de uniones.

2.1.1. MATERIALES A UTILIZAR

En cuanto a materiales, este diseño se trata de una construcción en madera y metal:

- Madera: Estructura, forro, guía de formas, quilla, mástil y botavara
- Metal: Orza y timón

Madera:

Todo el casco del barco originalmente fue diseñado para su construcción en diferentes tipos de madera:

- Estructura:

La estructura principalmente estaba formada por listones de pino, y el forro formado por planchas de contrachapado marino. Esta estaba formada por una pieza principal que es la quilla y por 10 cuadernas unidas entre sí por truncaniles.

La modificación principal en este campo, en cuanto a materiales, se ha realizado en la estructura y materiales de las cuadernas y en los refuerzos de la cubierta.

Originalmente las cuadernas estaban formadas por 5 listones de pinos unidos entre sí por medio de refuerzos de contrachapado marino (Véase figura 22).

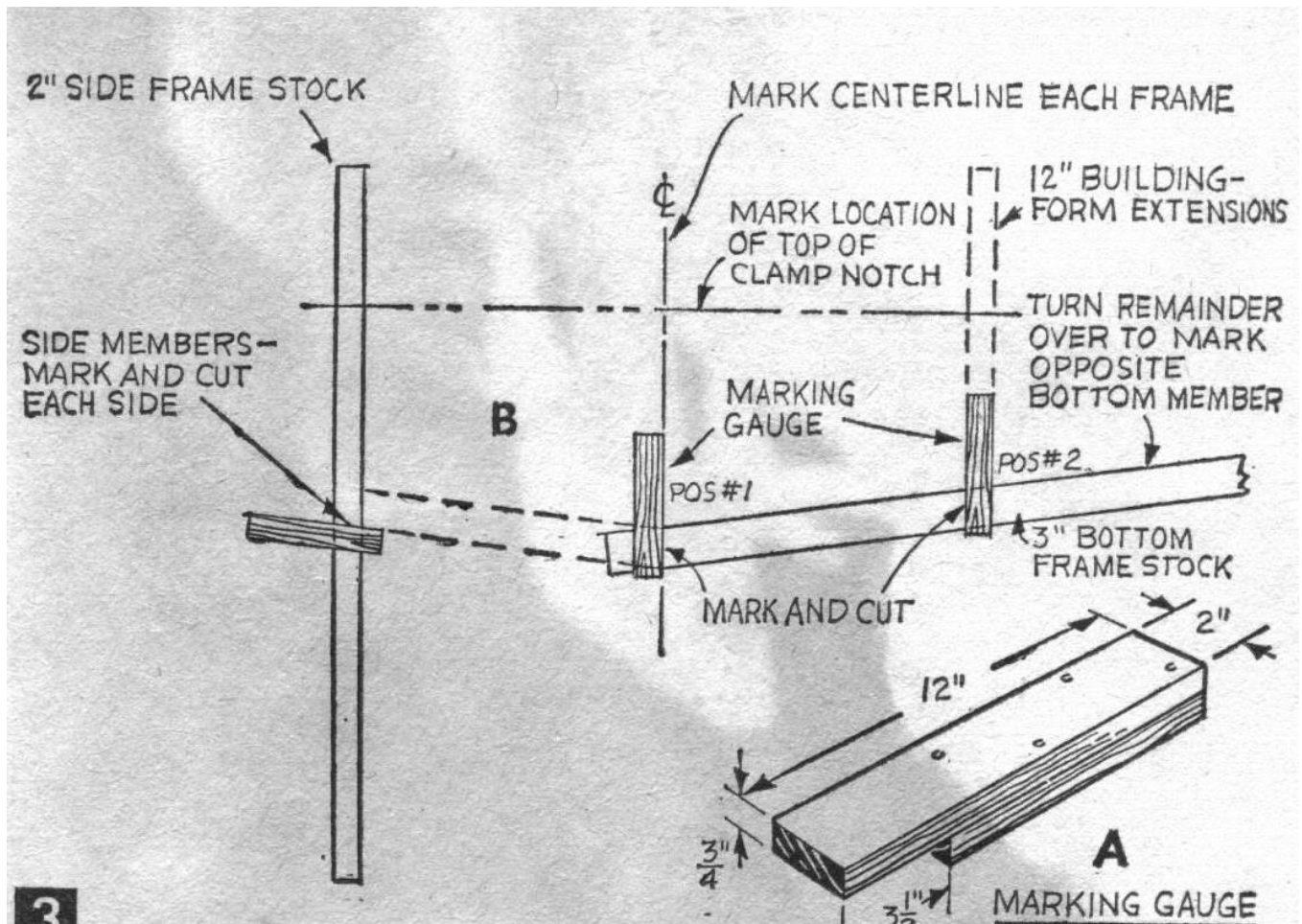


Figura 22 Vista plano cuaderna típica modelo original (Fuente: Svenson.com)

Debido a la multitud de uniones se ha realizado un estudio de una cuaderna típica y se ha llegado a la conclusión de que el punto más débil de ella son las uniones.

Dado que ya estaba previsto utilizar contrachapado marino se ha realizado un estudio de materiales mediante el programa de EduPack para poder conocer si podríamos encontrar un sustituto para los listones de pino en el contrachapado (Véase figura 23).

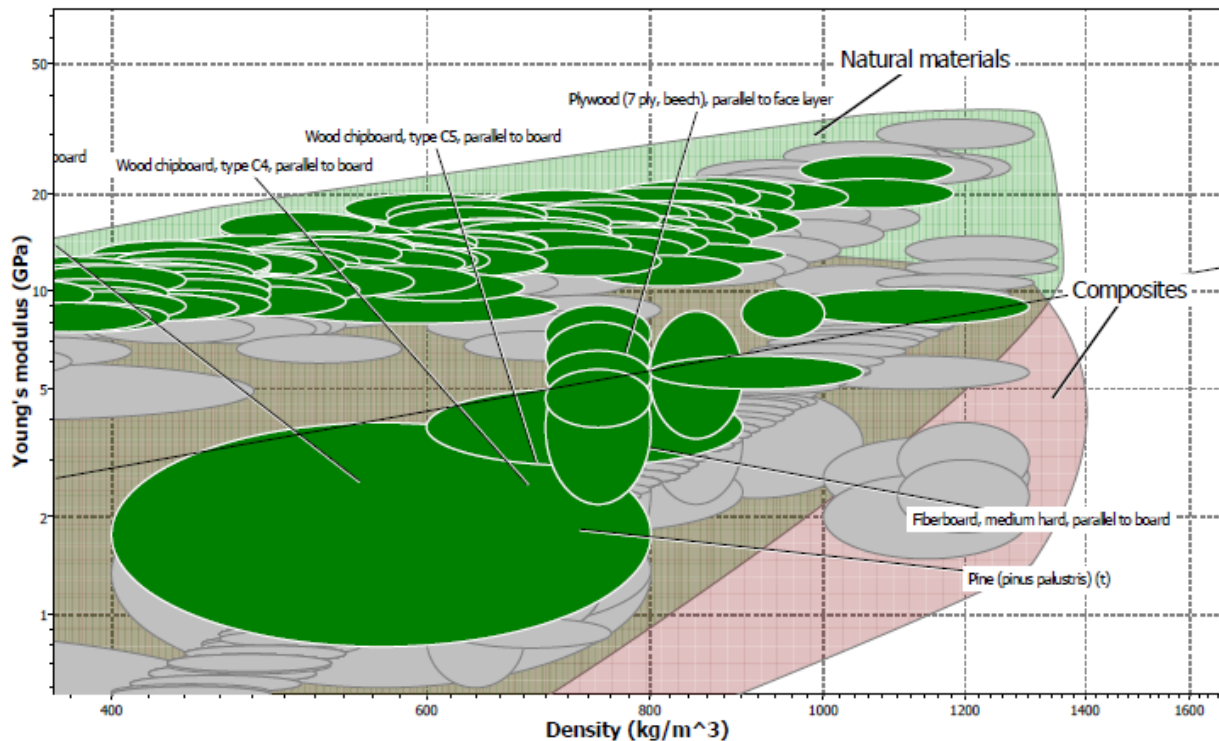


Figura 23 Gráfico Modulo de Young - Densidad (Fuente: EduPack)

Analizando la gráfica de Modulo de Young VS Densidad se puede observar que para que el contrachapado al estar situado en la zona intermedia horizontal y alta vertical, es idóneo en cuanto resistencia mecánica y densidad, el contrachapado entre 3 y 5 capas para los forros laterales, que serían unos 10 mm, y el contrachapado de 7 capas para la parte estructural que rondarían los 20mm.

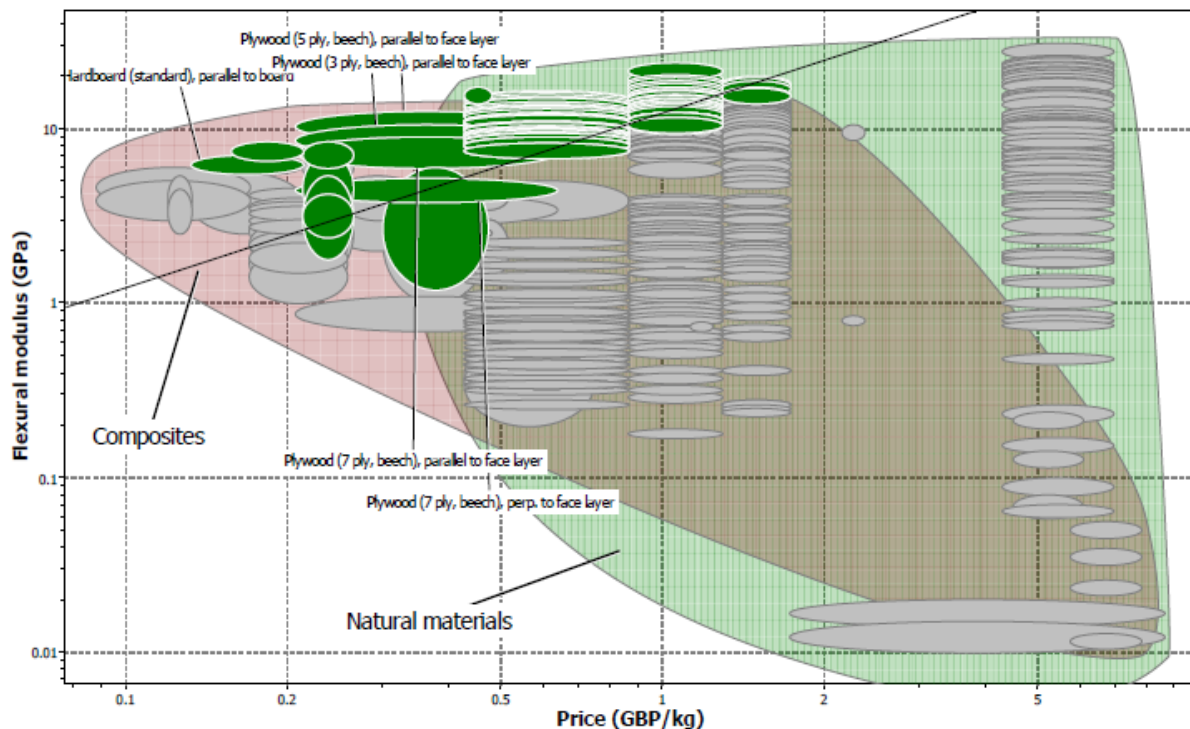


Figura 24 127 Gráfico Flexión-Precio (Fuente: EduPack)

En el gráfico de precios según flexión (Véase figura 24), se puede observar que el contrachapado marino situado en la zona intermedia superior, es de los materiales que tiene el coeficiente de flexión mayor a un precio económico.

Como se ha comentado vistos los gráficos, el contrachapado marino actualmente tiene mejores cualidades mecánicas que el pino común. Debido a esto se han modificado el material de las cuadernas i se ha decidido diseñarlas y construirlas de una sola pieza en contrachapado marino, eliminando las uniones y por tanto los puntos débiles.

Los refuerzos de la cubierta originalmente estaban formados por listones de pino uniando las cuadernas entre sí por su parte superior.

Debido anteriormente ya se ha modificado el material de las cuadernas haciéndolas de contrachapado marino, se decide aprovechar el material sobrante y construir los refuerzos de la cubierta también con contrachapado marino.

- **Mástil y botavara:**

Tanto el mástil como la botavara al ser contruidos en madera planteaban muchos inconvenientes y problemas.

Un mástil de madera tiene el principal inconveniente en su estructura, la madera al ser pino y por tanto al tener nudos podía tener puntos débiles, y al estar sometido a carga por medio del aparejo partirse. Además teníamos el inconveniente de las velas, o se construían, cosa que se salía de presupuesto o se modificaban (Véase figura 25).

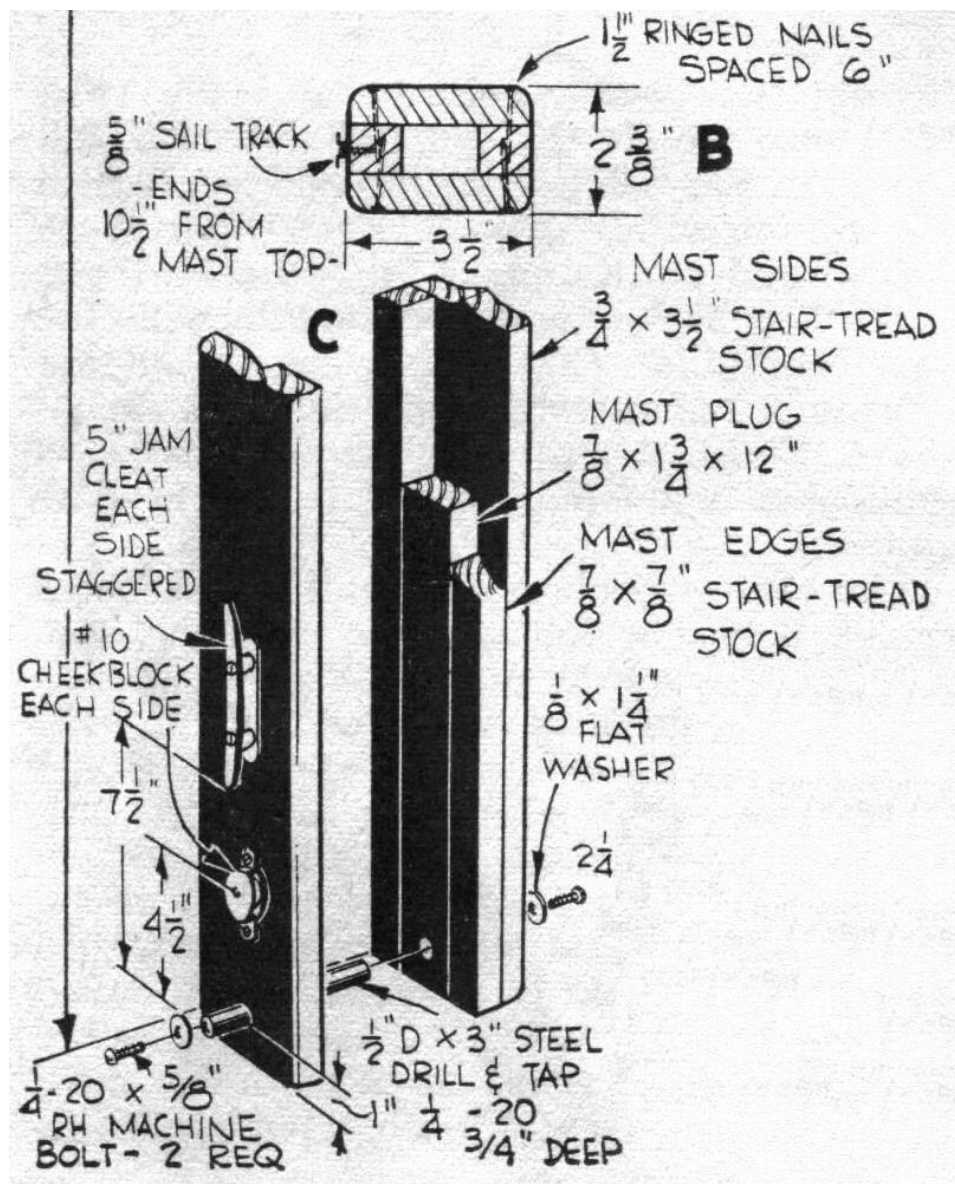


Figura 25 Plano mástil modelo original (Fuente: Svenson.com)

Debido a estos problemas se ha optado por la eliminación del mástil y la botavara de madera. En sustitución se ha procedido a la incorporación de un mástil y una botavara de aluminio procedente de un vela ligera 470. Esta modificación ha aportado una mejor seguridad de resistencia del mástil y un aligeramiento de peso considerable por encima del centro de gravedad del barco, otorgándole una mayor estabilidad.

El mástil, la botavara y las velas fueron cedidos para la botadura y las pruebas de mar por la Facultat de Nàutica de Barcelona.

Metal:

La orza y el timón se han realizado en hierro negro respetando el material original.

El modelo fue diseñado para llevar orza con contrapeso en la parte inferior.

Este estaba formado por dos piezas simétricas de 45 kilogramos cada una unidas entre sí por medio de dos espárragos (Véase figura 26) El modelo original tenía dos diseños diferentes de lastre:

- Lastre de hormigón mediante molde.
- Lastre de hierro mediante lingote macizo.

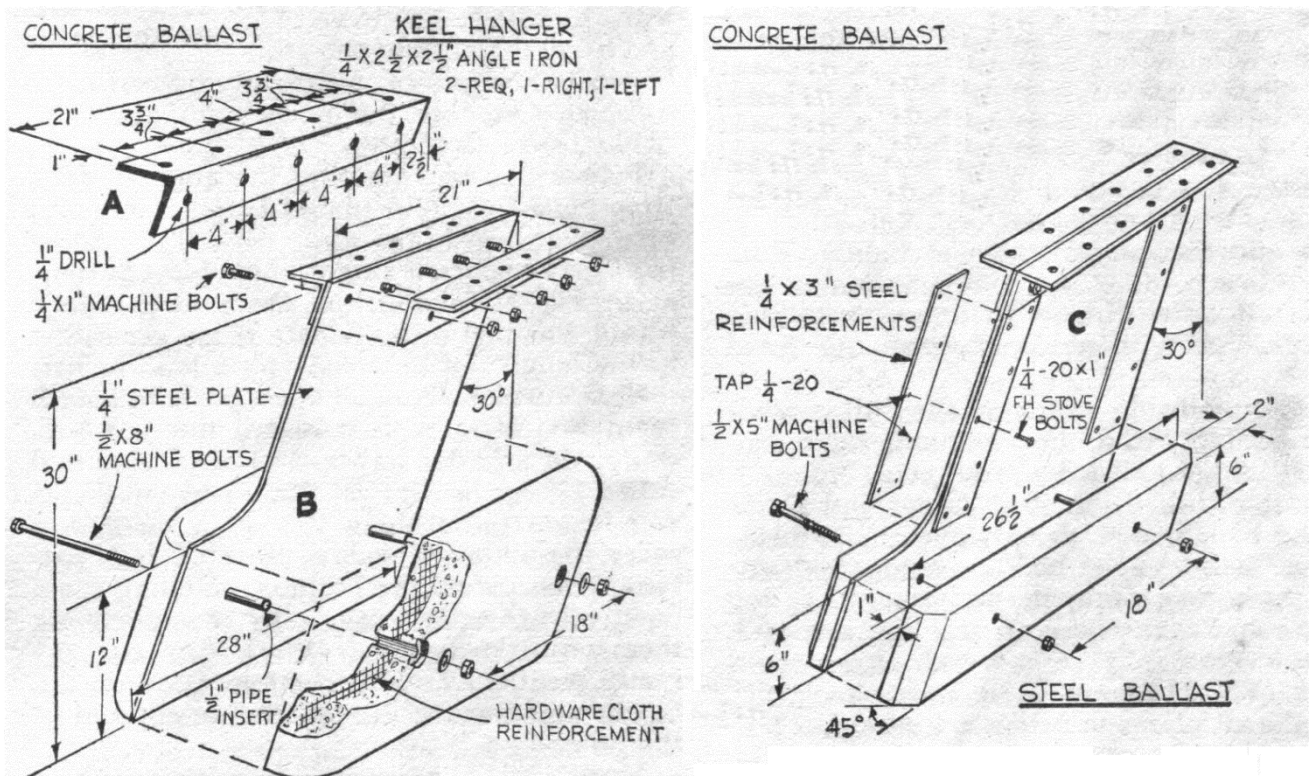


Figura 26 Planos diferentes tipos de orza modelo original (Fuente: Svenson.com)

Se ha optado por el modelo de hierro debido a su simplicidad, dado que no se tiene que construir molde y la intención es tener el modelo fuera del agua en seco por temas de corrosión.

El inconveniente que se ha encontrado en este tipo de construcción ha sido la incapacidad de encontrar un lingote sólido de estas dimensiones (Véase figura 27). Por tanto se ha optado por unir 6 lingotes de 10 milímetros de grosor mediante soldadura.



Figura 27 Vista lastre orza modelo real (Fuente: Propia)

2.1.2. DIMENSIONES DEL MODELO

Las piezas principales del modelo en cuanto al diseño y a su construcción ya que delimitan la eslora del modelo son la quilla, la guía de formas y los refuerzos longitudinales debido a sus dimensiones. Se ha contactado con diversos proveedores de maderas y se nos ha informado de que la longitud máxima del listón de pino es de 5.30 metros en lugar de los 6 metros del modelo original. Debido a la forma y a la curvatura de la quilla se decide realizarla en una sola pieza, sin uniones biseladas, para darle una mayor resistencia eliminando así los puntos débiles. Por esta razón se ha decidido modificar las dimensiones del buque.

Para ello se ha reducido toda la embarcación más o menos por igual respecto a la original con el fin de conservar en la medida de lo posible las formas originales del buque, excepto el puntal.

Originalmente el buque tenía las siguientes especificaciones (Véase tabla 1):

DISEÑO ORIGINAL MISSILE RACING SAILBOAT	
Eslora:	5.94 m
Manga:	1.27 m
Superficie velica	10.78 m ²
Calado:	0.88 m
Capacidad:	2 personas
Puntal:	0.53 m
Lastre:	90.7 kg

Tabla 1 Dimensiones originales Missile

- Eslora:

Debido a las limitaciones en cuanto a listones de pino anteriormente mencionadas, la eslora se ha reducido pasando de 5.94 metros a 5.30 metros. Como se ha visto anteriormente en los planos originales del modelo, la eslora total de buque es la suma de la quilla más las dos rodas, la de proa y la de popa.

A la hora de calcular el coeficiente de reducción y por tanto la eslora total del buque, se ha tenido en cuenta la propia curvatura de la quilla.

- **Manga:**

La manga igual que la eslora se ha decidido reducirla el 15%, pasando de 1.27 metros a 1.07 metros. Antes de aplicar esta medida se ha tenido en cuenta que manga de la bañera y la superficie de cubierta de mando fuese suficiente para poder albergar a dos personas teniendo las piernas semiestiradas sentadas correctamente para poder tener un buen control de la embarcación.

- **Puntal:**

El puntal a diferencia de todas las otras las medidas de la embarcación solo ha recibido una reducción de 0.03 metros respecto el puntal original dejándolo en 0.50 metros. Lo hemos buscado con esta medida es ganar francobordo, debido a que si lo reducíamos el 15% igual que todas las otras medidas se quedaba un puntal de 0.45 metros, esto teniendo en cuenta que según los cálculos iniciales, el modelo tendría un calado de 0.13 metros respecto la quilla, dejaría un francobordo de tan solo 0.32 metros. Con esta medida hemos ganado 0.05 metros de francobordo.

- **Calado:**

Se han reducido las dimensiones de la orza un 15% respecto a los valores del modelo original. Las únicas medidas que no se han visto reducidas han sido el grosor de esta, debido a efectos de resistencia estructural. La reducción ha provocado una disminución de su calado de 0.12 metros, otorgándole un calado de 0.64 metros. Esto sumado a los 0.12 metros de calado respecto de la quilla, otorgan un calado total de 0.76 metros.

- **Lastre:**

El lastre ubicado en el extremo de la orza se ha reducido igual que la mayoría de las dimensiones de la embarcación un 15%, pasando de 90.7 kilogramos a 75 kilogramos aproximadamente.

- **Superficie velica:**

La superficie velica se ha visto modificada debido a la sustitución del mástil de madera por un mástil de aluminio de una embarcación de vela ligera 470.

Originalmente el modelo original contaba con un aparejo Slopp Marconi fraccionado formado por mayor y foque con las siguientes características (Véase tabla 2):

SUPERFICIE VELICA MODELO ORIGINAL	
Mayor:	7.435 m ²
Foque:	3.345 m ²
Superficie total (mayor y foque):	10.78 m²

Tabla 2 Superficie velica modelo original

La embarcación de vela ligera 470 cuenta con un aparejo Sloop Marconi fraccionado formado por mayor y foque, con la posibilidad de montar un spinnaker con las siguientes características (Véase tabla 3):

SUPERFICIE VELICA 470 (MODELO FINAL)	
Mayor:	9.45 m ²
Foque:	3.59 m ²
Spinnaker:	12.16 m ²
Superficie total (mayor y foque):	13.04 m²

Tabla 3 Superficie velica embarcación de vela ligera 470

Después de realizar las diferentes modificaciones respecto a las dimensiones del modelo. El modelo final ha quedado con las siguientes características respecto al modelo original (Véase tabla 4):

COMPARATIVA MODELO ORIGINAL Y MODELO FINAL MISSILE SAILBOAT RACING		
	MODELO ORIGINAL	MODELO FINAL
Eslora:	5.94 m	5.30 m
Manga	1.27 m	1.07 m
Puntal:	0.53 m	0.50 m
Calado:	0.88 m	0.76 m
Lastre:	90.7 kg	75 kg
Superficie velica:	10.78 m ²	13.04 m ²

Tabla 4 Comparativa modelo original y modelo final

2.1.3. FORMAS DE LA ESTRUCTURA

La principal modificación que ha sufrido la estructura respecto al diseño original ha sido en el diseño de las cuadernas las cuales se han visto modificadas en los siguientes puntos.

- Diseño
- Angulo astilla muerta

Diseño:

Debido a la modificación de los materiales de construcción explicados anteriormente, se ha decidido modificar también su forma y diseño.

Partiendo de la base de obtener una estructura con el menor número de puntos débiles posible y realizar la construcción de las cuadernas en contrachapado marino de 20 mm de grosor, se ha decidido diseñarlas de una sola pieza. Eliminando así las uniones entre partes y por tanto puntos débiles. (Véase figura 28).

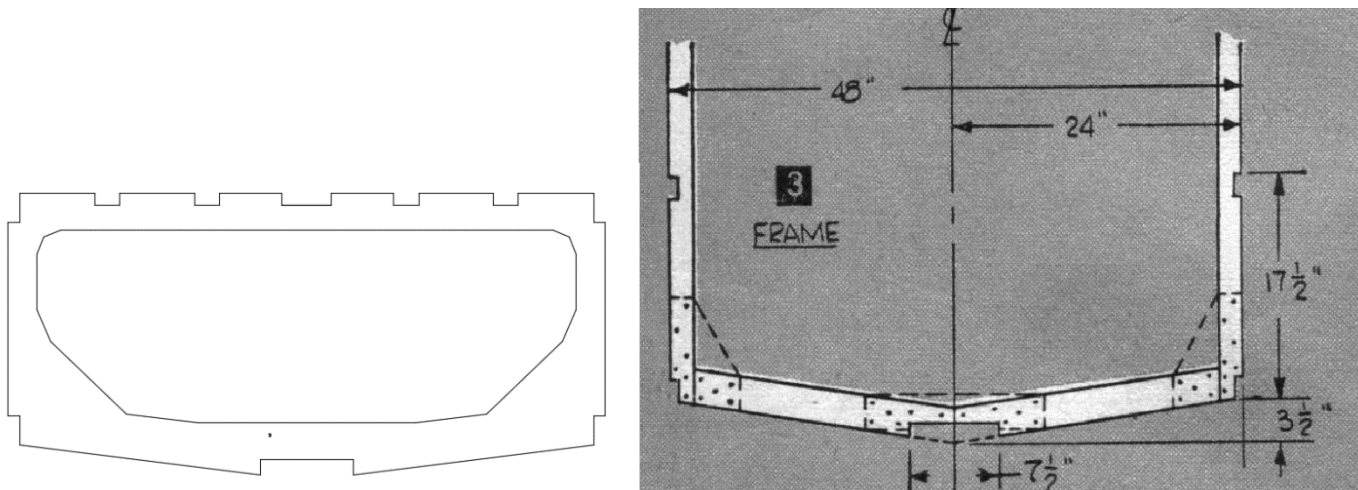


Figura 28 Comparativa modelo cuaderna original y modelo cuaderna modificada (Fuente Svenson.com, Propia)

Las modificaciones realizadas en cuanto a diseño son las siguientes:

- Se han dotado de rebajes para insertar los refuerzos, tanto las vagras como los refuerzos de cubierta.
- Se han dotado de unas características de igual grosor para todas ellas, tanto para la zona de la quilla como en los brazos laterales, dándoles la misma resistencia en cuanto a esfuerzos sufridos.
- Se han diseñado con cantos redondeados en su parte interior, distribuyendo así las tensiones en los puntos más conflictivos.

Las cuadernas nº3, nº4, nº5 y nº6 que son las cuadernas ubicadas en la zona de la bañera, se han visto modificadas en la altura entre la quilla i la parte superior de estas para dotar a la propia bañera de una superficie central planta sin ángulo. (Véase figura 29).



Figura 30 Vista cuaderna central de la bañera (Fuente: Propia Autocad)

Además se han modificado los ángulos laterales de estas para obtener una bañera con dos grados de inclinación respecto crujía. Una zona central plana formada por dos piezas móviles y dos zonas laterales fijas una a babor y la otra a estribor con un ángulo de 7 grados.

Ángulo astilla muerta:

Debido a que los planos del modelo original fueron realizados a mano sin ningún tipo de ayuda informática, una vez estudiados se ha visto y comprobado que las cuadernas tenían ángulos de astilla muerta dispares. Por esta razón se ha decidido dotar a todas las cuadernas con un mismo ángulo de astilla muerta de 7° (Véase figura 30).

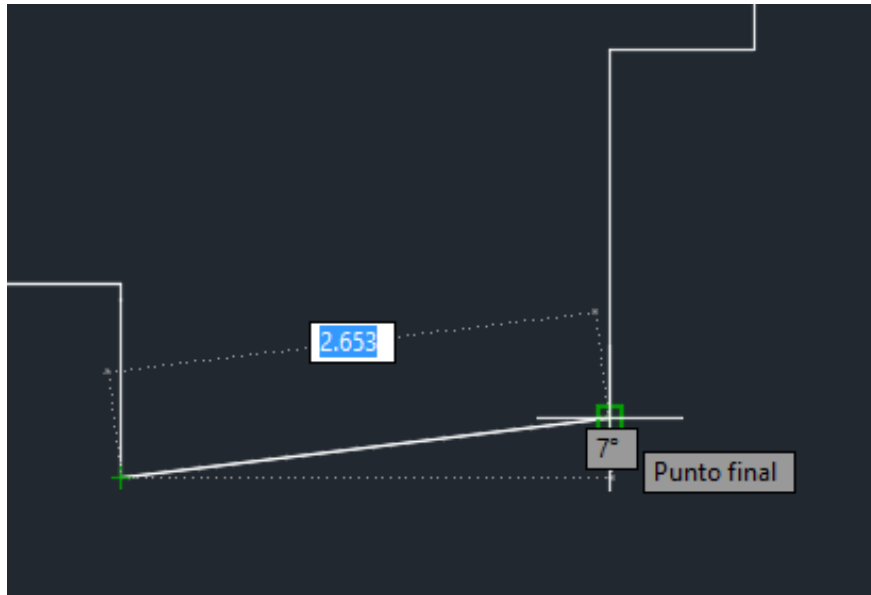


Figura 30 Vista ángulo astilla muerta modelo real (Fuente: Propia Autocad)

Teniendo en cuenta de que se trata de un ángulo de astilla muerta pequeño para una embarcación a vela, se ha elegido este ángulo por diversas razones:

- Es la media de los diferentes ángulos de los planos del modelo original y se ha querido respetar en la mayor medida de lo posible las formas originales del modelo
- Es una embarcación a vela semiligera con orza lastrada. Al llevar 75 kg de lastre en la parte más baja le confiere un centro de gravedad muy bajo y por tanto una gran estabilidad.

2.1.4. TIPOS DE UNIONES:

Las uniones del modelo original estaban diseñadas para realizarse mediante uniones encoladas con tornillos de unión. Debido a la modificación de los materiales de construcción, principalmente las cuadernas que como se ha explicado anteriormente se fabrican en contrachapado marino este tipo de unión tiene algún inconveniente.

El contrachapado marino al ser formado por la unión de diferentes láminas tiene puntos débiles, que son los costados. Si se introduce un tirafondos en este sitio hay peligro de que el contrachapado se abra, siendo perjudicial para la viabilidad estructural del modelo. Por tanto se ha decidido realizar dos modificaciones en cuanto a las uniones se trata:

- **Uniones trancaniles-cuadernas:**

Para estas uniones se han diseñado unas escuadras de madera en pino, para poder realizar la unión de estas partes mediante la aplicación de tornillos tirafondos en la cara buena del contrachapado. (Véase figura 31).



Figura 31 Vista unión típica modelo real (Fuente: Propia)

- **Uniones quilla-cuadernas:**

En el diseño original, la guía de formas solo servía para el montaje de la embarcación, una vez este se había realizado era retirado. Para dotar de una unión más fuerte entre las cuadernas y la quilla se ha decidido recortarla y utilizarla de sobre-quilla pudiendo así atornillarla sobre la quilla y a las cuadernas. (Véase figura 32).



Figura 32 Vista unión quilla - cuaderna mediante sobrequilla (Fuente: Propia)

Igualmente se ha decidido complementar todas las uniones mediante encoladura por silicona Sikaflex, así se ha otorgado de una mayor resistencia y durabilidad a las uniones.

2.2. MODELO 3D

2.2.1. RHINOCEROS

Para la realización del primer diseño se ha usado el programa de diseño gráfico Rhinoceros. Con este programa se ha podido visualizar y planificar el despiece y el montaje del modelo final antes de su construcción.

Debido a que el modelo ya estaba diseñado en formato papel, solo se ha procedido a trasladar las formas y cotas a formato digital. A grandes rasgos se han introducido los puntos por coordenadas de todas las aristas y puntos de referencia de todas las piezas, se han unido los puntos mediante líneas y se han creado las superficies y sólidos.

Este proceso ha seguido en la medida de lo posible las fases de construcción, por tanto se han ido creando las piezas del modelo en función de cómo se deberían construir.

Guía de formas:

El primer paso ha sido introducir por medio de puntos con sus respectivas coordenadas x, y, z la guía de formas. Ya que se trata de una pieza primordial para el montaje donde todas las partes van situadas sobre ella.

Esta pieza tiene la función de marcar las dimensiones de eslora y curvatura del modelo.

Una vez se han tenido todos los puntos introducidos por coordenadas, se ha procedido a unir los puntos mediante líneas. Se ha tenido en cuenta la posición donde van situadas las cuadernas y se ha creado un punto en la mitad de cada rebaje para delimitar su posición. (Véase figura 33)

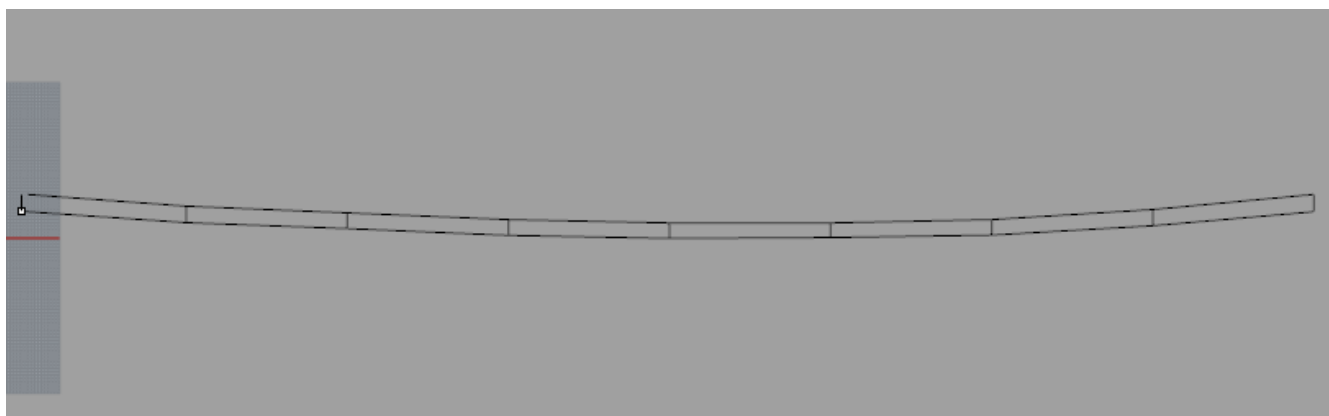


Figura 33 Vista guía de formas formato 3D (Fuente: Propia Rhinoceros)

Cuadernas:

Posteriormente se ha procedido a introducir cada cuaderna por medio de los puntos de las aristas con sus respectivas coordenadas, Al introducir las coordenadas se tiene que tener en cuenta en que plano se está trabajando, en nuestro caso se ha trabajado en el plano frontal, por tanto primero se han introducido las coordenadas de dimensiones creando así la forma de la cuaderna, y posteriormente se han unido los puntos mediante líneas (Véase figura 34).

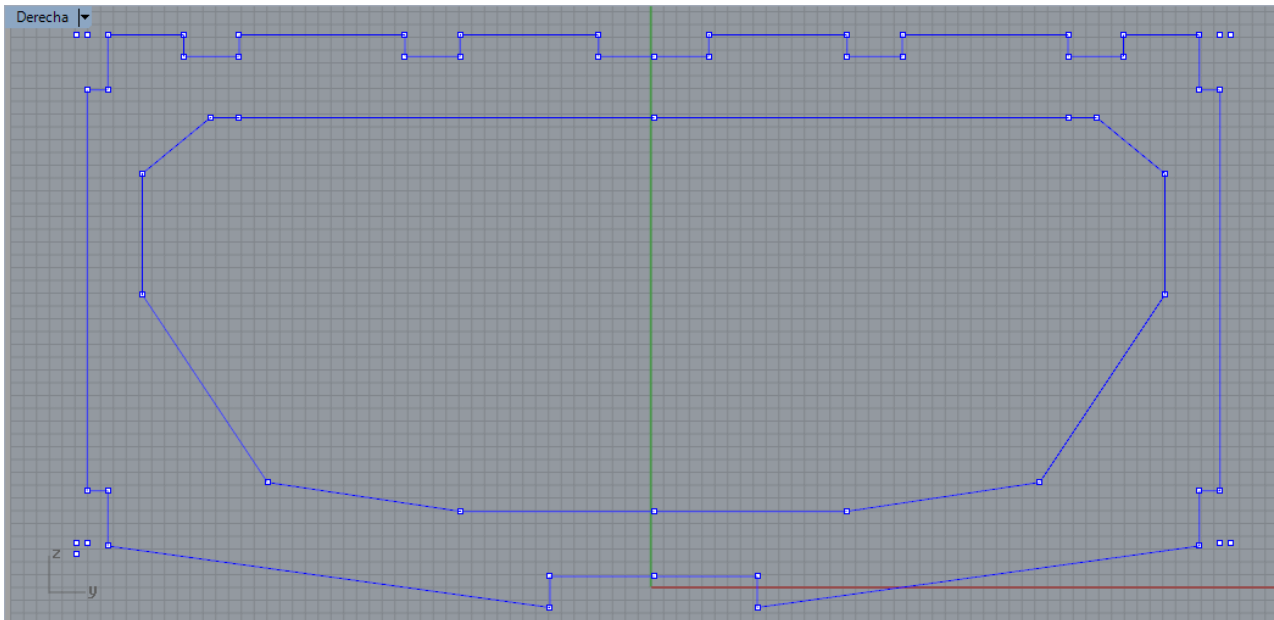


Figura 34 Vista cuaderna delineada formato 3D (Fuente: Propia Rhinoceros)

Una vez se han introducido las cuadernas, se procede a ubicarlas en su posición sobre la guía de formas mediante la herramienta "Mover", se ha medido en la línea de crujía y solo se han introducido las coordenadas de posición a lo largo de la eslora y las coordenadas de altura respecto la línea 0. Una vez se han tenido situadas y verificadas todas las cuadernas en su posición final ya se ha podido observar las principales formas del modelo. (Véase figura 35)

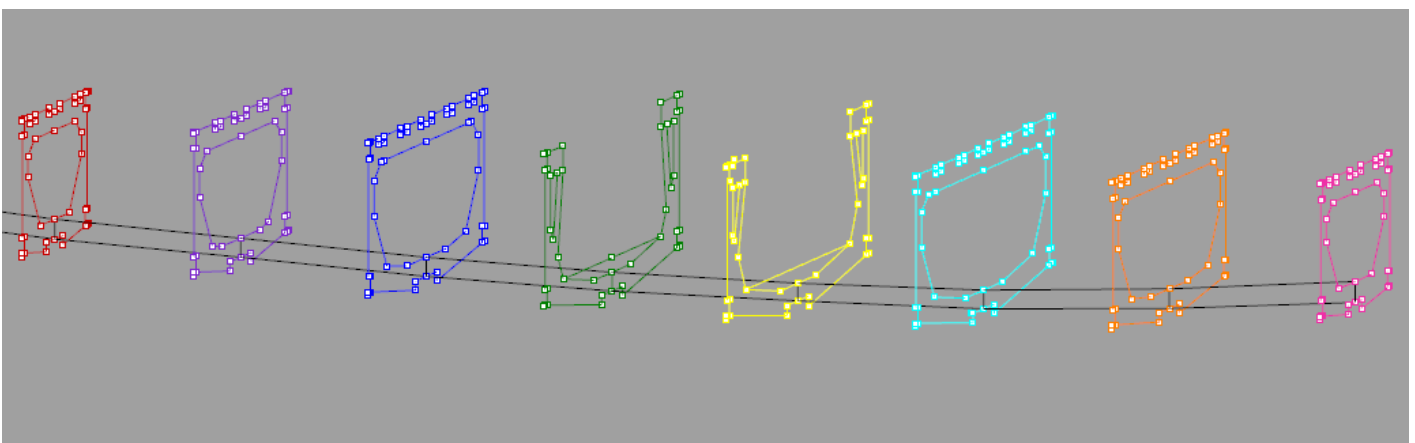


Figura 35 Vista cuadernas delineadas sobre guía de formas (Fuente: Propia Rhinoceros)

Finalmente se ha procedido a dotar de volumen a las cuadernas, primeramente se ha creado una superficie a lo largo de todo el contorno mediante las líneas anteriormente introducidas. Una vez se han obtenido las superficies, se ha procedido a dotar de volumen, en nuestro caso al tener un grosor de cuadernas de 20mm y al tener las cuadernas situadas en el centro de su posición se ha dado volumen de 10 mm por las dos caras de cada una de ellas, formando un sólido al que se le ha dado textura. (Véase figura 36).

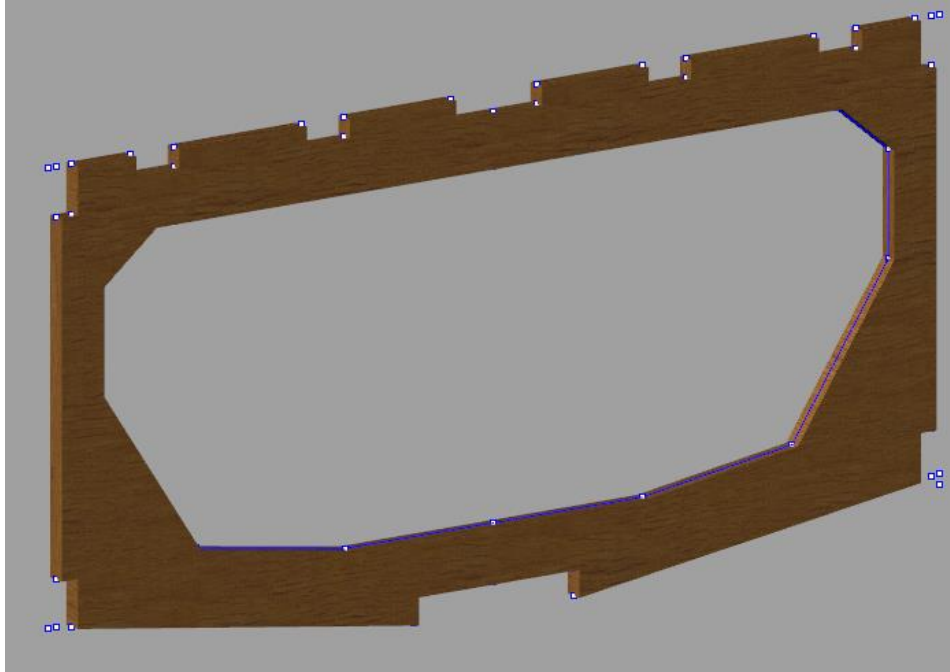


Figura 36 Vista cuaderna sólida en formato 3D (Fuente: Propia Rhinoceros)

Quilla:

Una vez se tienen situadas las cuadernas en su posición final, se empieza a introducir las secciones de la quilla. Para ello primero se sitúa el esquema de la sección de esta en los extremos de la guía de formas, que es la pieza que delimita la longitud del modelo. La sección quilla tiene forma de “T” (Véase figura 37) debido a que por su parte inferior tiene que alojar y tapar los extremos de las planchas del forro inferior.

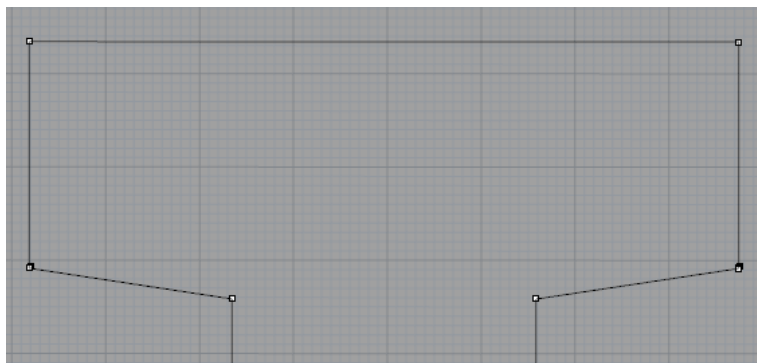


Figura 37 Vista sección quilla delineada formato 3D (Fuente: Propia Rhinoceros)

Una vez se tienen ubicados las secciones en los extremos, se unen entre ellos por medio de líneas siguiendo la curvatura establecida por la guía de formas y por tanto por las cuadernas.

Finalmente igual que se ha hecho con las cuadernas, se crean superficies planas de todos los costados de la quilla y se unen formando un solo sólido. (Véase figura 38)

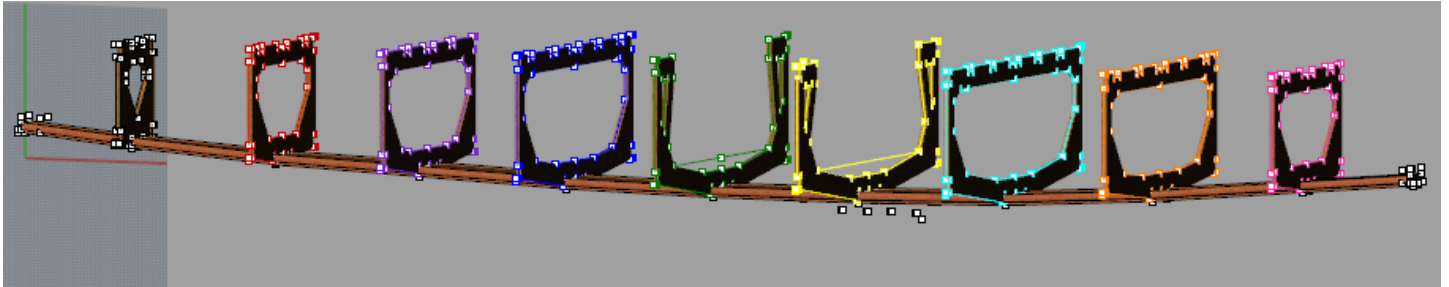


Figura 38 Vista quilla solida con cuadernas formato 3D (Fuente: Propia Rhinoceros)

Rodas de proa y popa:

El modelo en sus extremos está provisto de dos rodas, una en proa y la otra en popa, a ellas se une la quilla, los trancaniles y el refuerzo longitudinal central. Esta tiene una forma angular con dos rebajes ya que tienen que albergar las vagras y hacer de superficie plana donde se apoyen los extremos de los forros laterales

En nuestro caso al ser un diseño complejo, y al ser el modelo 3D un diseño de visualización solo se han creado dos bloques rectangulares donde se apoyan las vagras y la quilla. Para ello se han cogido los extremos inferiores de la quilla, y respectando las medidas de grosor y altura de las rodas se han creado dos bloques rectangulares. (Véase figura 39).

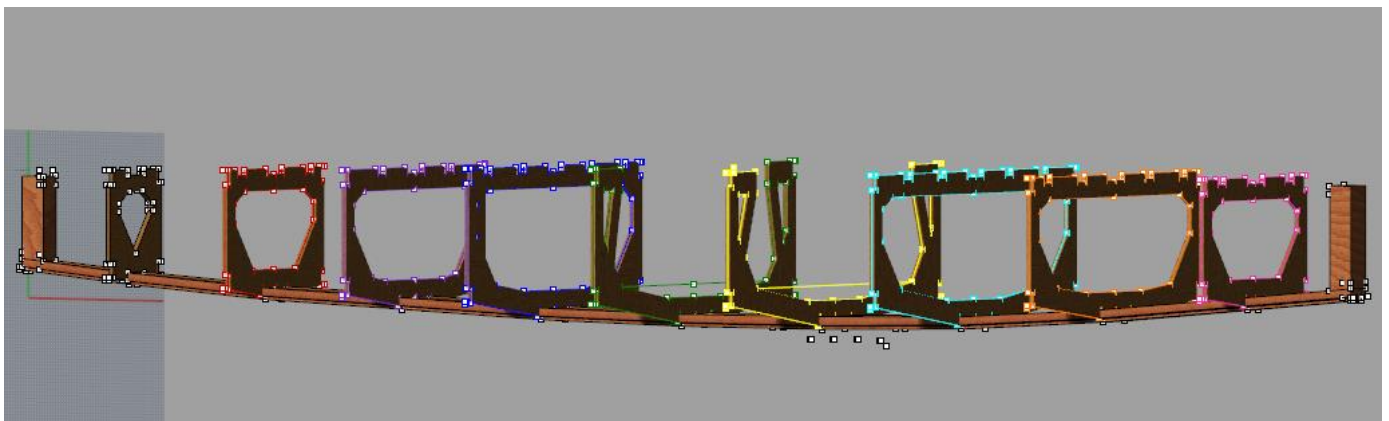


Figura 39 Vista rodas de proa y popa solidas formato 3D (Fuente: Propia Rhinoceros)

Truncaniles:

El modelo cuenta con 4 refuerzos longitudinales, dos en cada banda llamados truncaniles, estos tienen la función de unir todas las cuadernas con las rodas de proa y popa por los laterales de estas. Además de darle al modelo resistencia longitudinal, son los encargados de definir las formas laterales del modelo.

Básicamente se basan en listones rectangulares con forma angular en sus extremos para poder ser encajadas sobre las rodas. Para introducirlas en el diseño, lo primero ha sido dibujar el perfil de estas mediante puntos sobre las rodas en su posición.

Posteriormente, se han seleccionado todos los puntos de los rebajes anteriormente realizados sobre las cuadernas y se han unido mediante líneas. Finalmente igual que hemos hecho con las distintas piezas introducidas anteriormente, se han creado todas las superficies planas y se han unido formando un sólido (Véase figura 40)

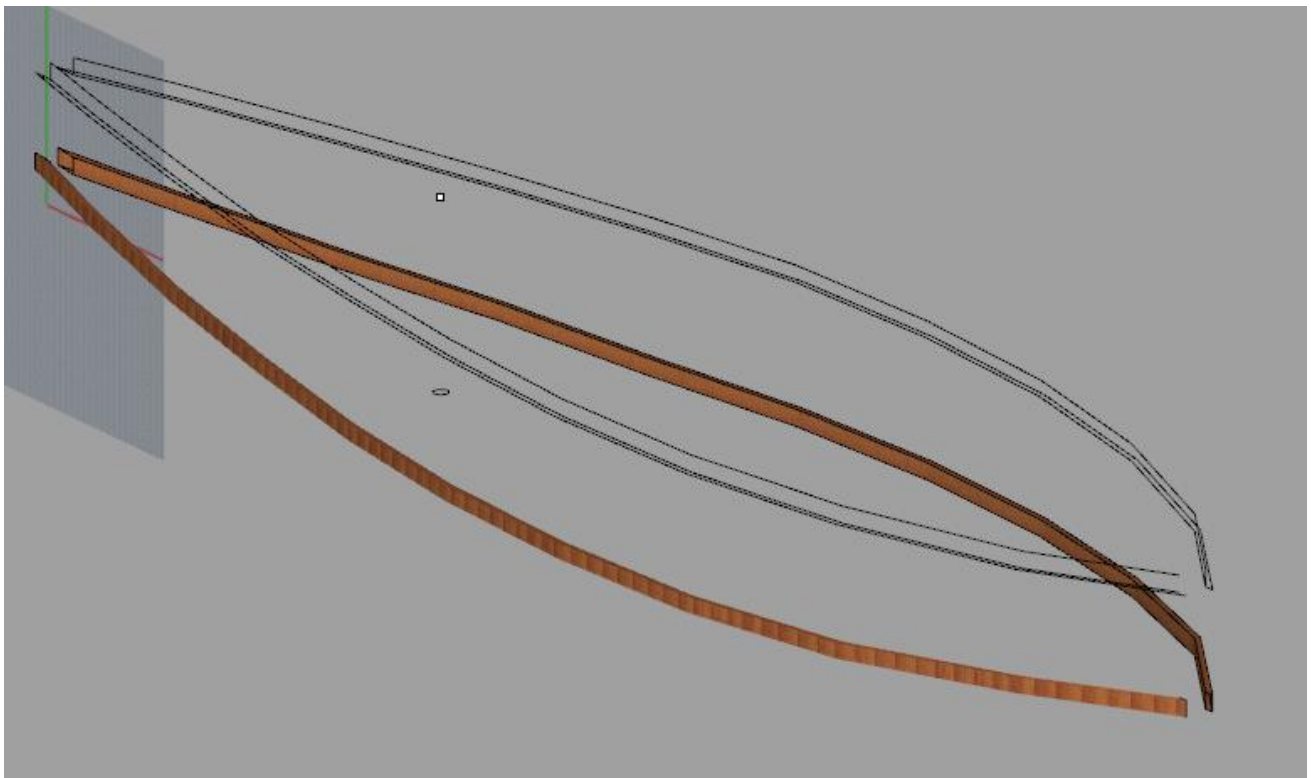


Figura 40 Vista truncaniles delineados y solidos formato 3D (Fuente: Propia Rhinoceros)

Refuerzos de cubierta:

El modelo cuenta con una serie de refuerzos longitudinales ubicados en la parte superior o refuerzos de cubierta, estos están dispuestos de manera que 5 cubren la parte de proa hasta la bañera y 5 cubren la parte de popa. Los refuerzos son todos de la misma medida menos los refuerzos centrales que tienen una medida superior. Esto es así ya que el refuerzo central de popa ubica la mecha del timón y el refuerzo central de proa ubica la uña que aloja el mástil para impedir el desplazamiento lateral de este.

Los refuerzos se basan en listones rectangulares de contrachapado. Para su introducción en el diseño, básicamente se han unido los puntos referentes a los rebajes superiores de las cuadernas mediante líneas y se han alargado hasta los trancaniles superiores en caso de los refuerzos laterales y hasta las rodas en el caso de los refuerzos centrales. Una vez se han obtenido los refuerzos delimitados por las líneas se ha procedido a realizar las superficies en todas las caras planas para posteriormente unir las formando un sólido (Véase figura 41).

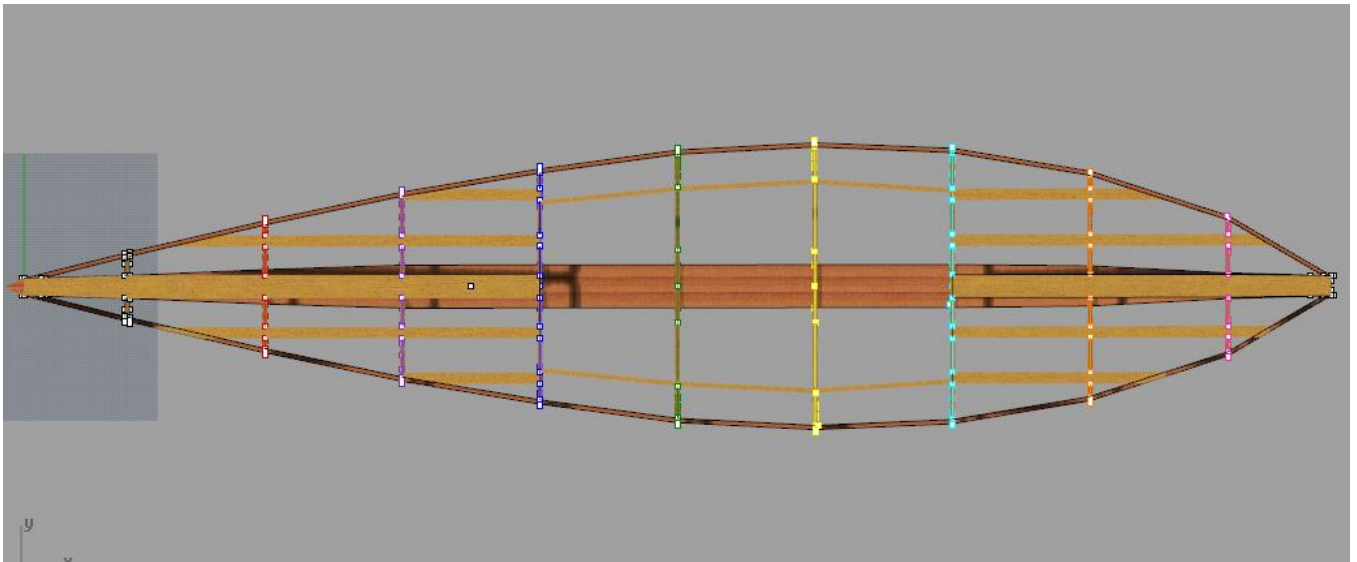


Figura 41 Vista planta modelo con refuerzos de cubierta solidos formato 3D (Fuente: Propia Rhinoceros)

Forros laterales e inferiores:

Debido a que las limitaciones de tablero de contrachapado son 2500 mm de longitud, el forro del modelo consta de 10 piezas, 3 piezas para cada forro lateral y dos piezas para cada forro inferior.

Para introducir tanto los forros laterales como los forros inferiores en el diseño se ha procedido de la misma forma. En el caso de los forros laterales se han utilizado las líneas exteriores de las rodas y las líneas exteriores de los trancaniles superior e inferior anteriormente dibujados y se ha creado una superficie a través de ellos. Una vez se ha obtenido la superficie se le ha dado grosor mediante la herramienta “Extruir” formando un sólido, en nuestro caso se le ha dado un grosor de 10mm (Véase figura 42)

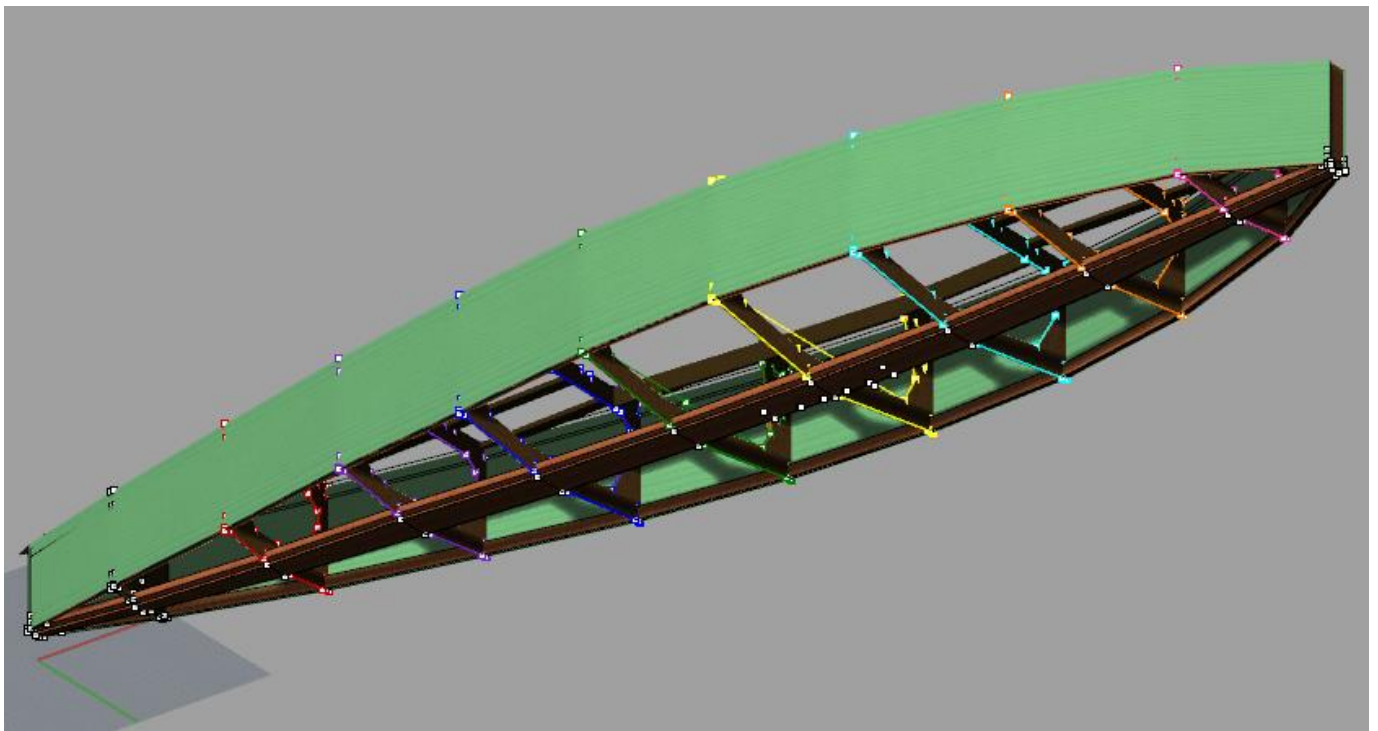


Figura 42 Vista forros de cubierta solidos formato 3D (Fuente: Propia Rhinoceros)

En el caso de los forros inferiores, se han utilizado las líneas interiores de la forma de “T” que conforma la sección de la quilla (Véase figura 43).

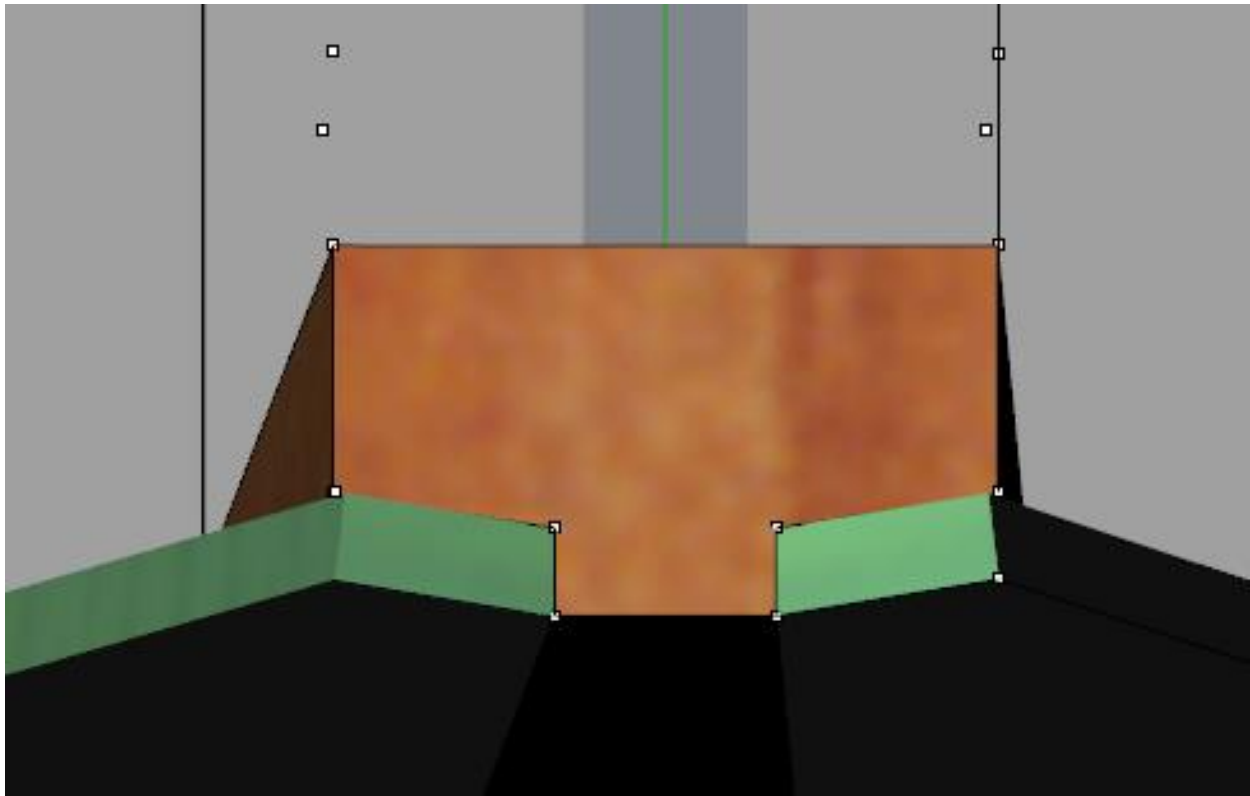


Figura 43 Vista detalle encaje forro inferior -quilla formato 3D (Fuente: Propia Rhinoceros)

Las líneas exteriores del forro lateral anteriormente descrito para posteriormente crear una superficies, una vez se ha obtenido la superficie, como ya se ha hecho anteriormente, mediante la herramienta extruir se le ha dado un grosor de 10mm formando un sólido (Véase figura 44)

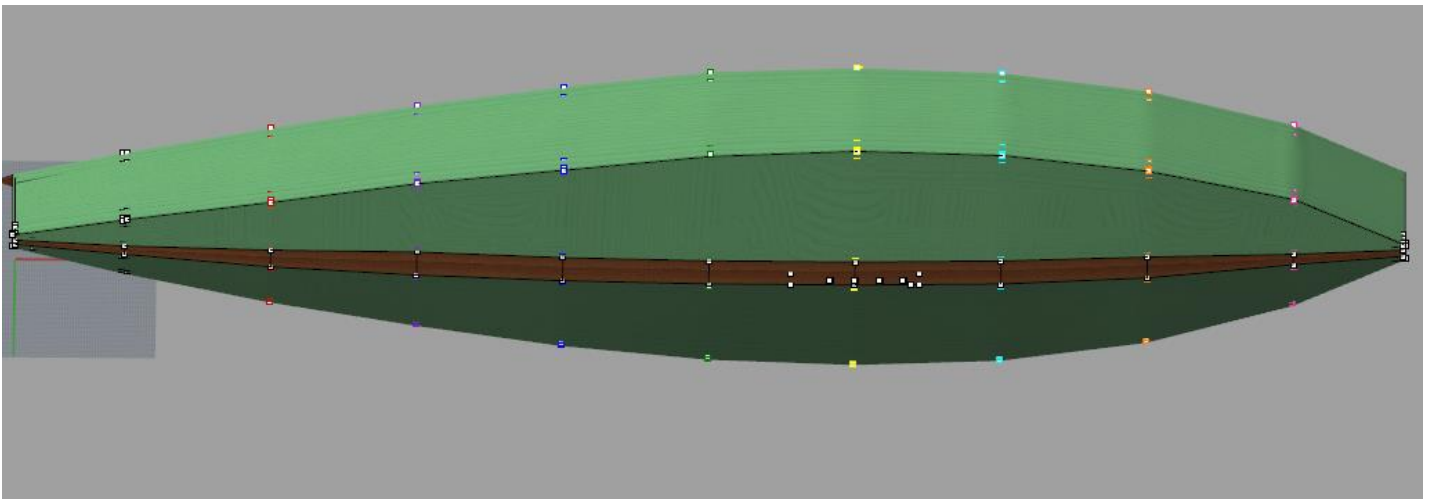


Figura 44 Vista forros inferiores solidos formato 3D (Fuente: Propia Rhinoceros)

Cubierta:

La cubierta del modelo se divide en 4 partes, una parte cubre la cubierta de proa hasta la bañera, otra cubre la cubierta de popa y dos partes más cubren los laterales.

Para introducir la cubierta en el diseño 3D se han seleccionado las líneas superiores de la zona exterior de los forros laterales, ya que se ha pretendido tapar la zona superior del forro lateral mediante la misma cubierta, debido a que es la zona más débil. Para delimitar la cubierta además de las líneas exteriores del forro se ha delimitado mediante la línea superior de la cuaderna nº6 para la cubierta de popa, y con la cuaderna nº3 para la zona de proa (Véase figura 45).

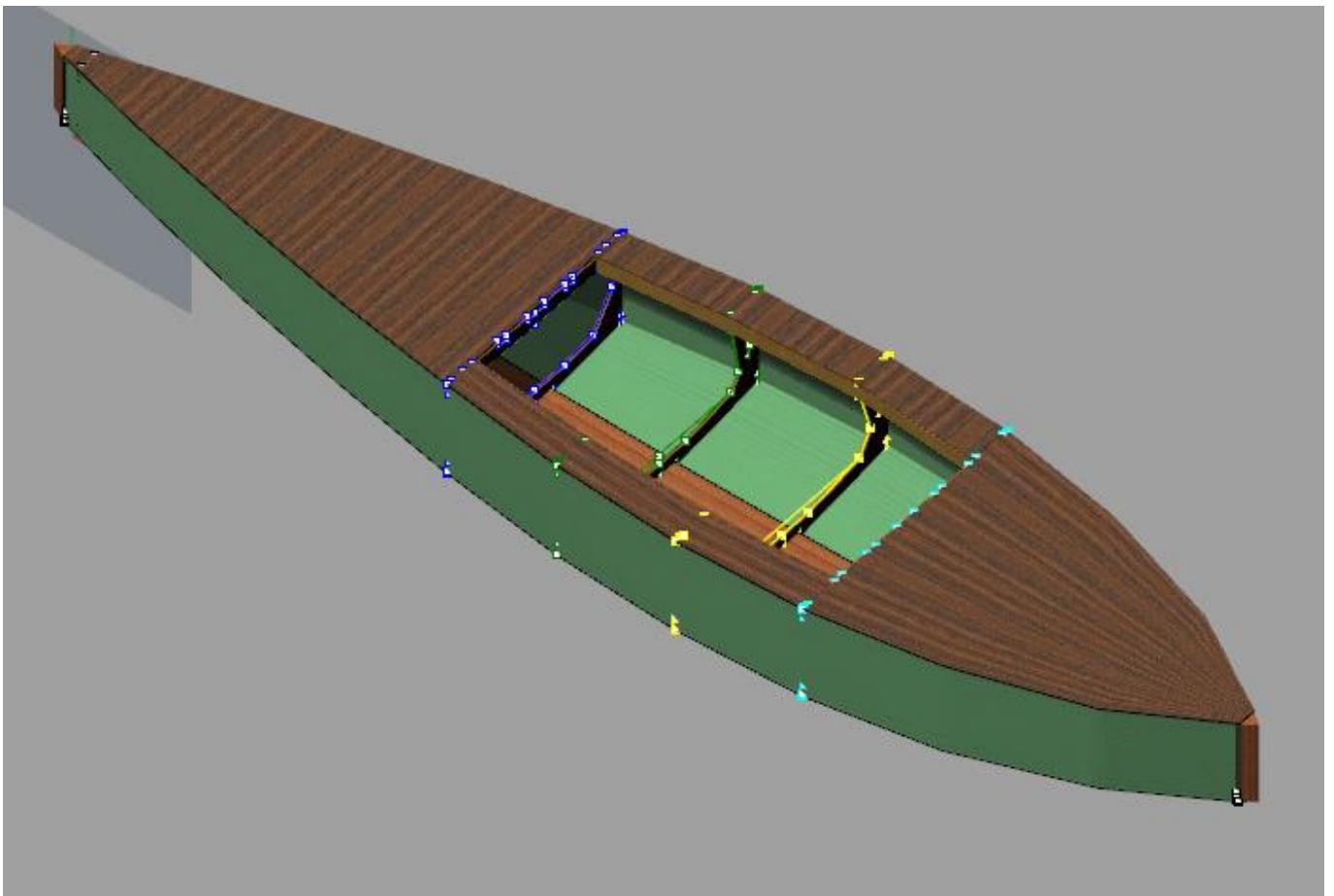


Figura 45 Vista cubierta sólido formato 3D (Fuente: Propia Rhinoceros)

Las zonas laterales se han delimitado mediante un listón introducido a una distancia razonable del forro exterior, debido a que tiene que tener la superficie suficiente para poder sentarse. Este listón además de proporcionar resistencia longitudinal a la bañera debido a que no tiene los refuerzos de cubierta, hace la función de embellecedor para esta. (Véase figura 46).

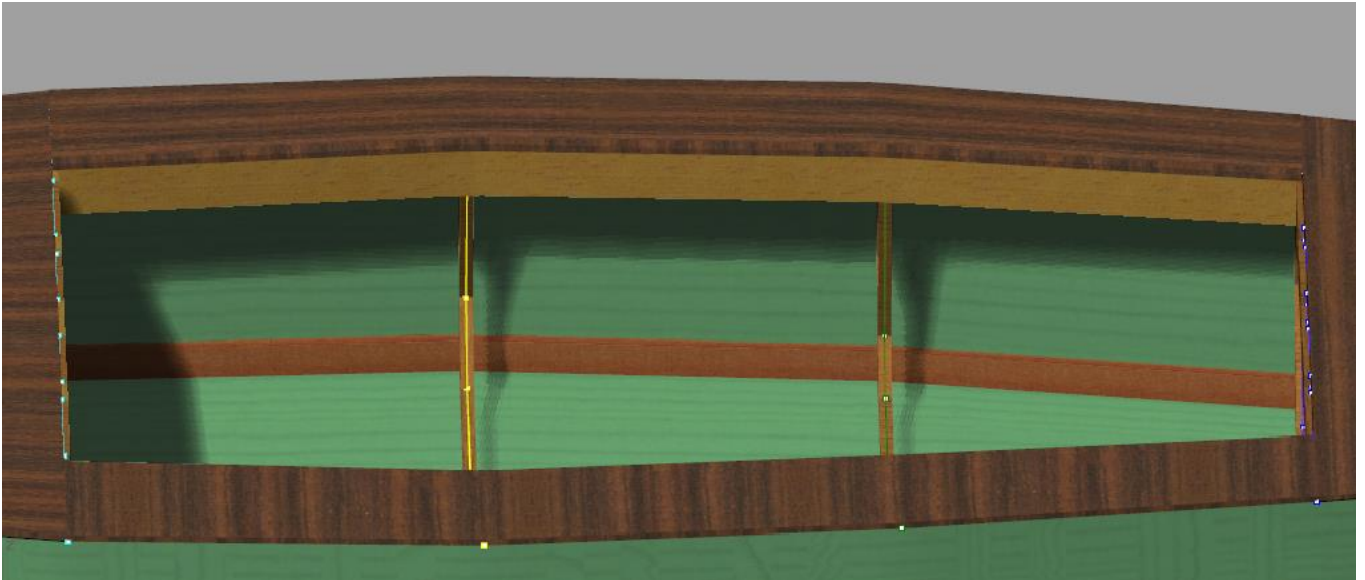


Figura 46 Vista detalle laterales cubierta formato 3D (Fuente: Propia Rhinoceros)

Arboladura:

Como se ha explicado en el apartado de modificaciones, por temas de viabilidad económica y funcional, se ha modificado el aparejo para poder albergar una arboladura ya fabricada de una embarcación de vela ligera 470. El primer paso fue tomar las dimensiones, longitud y diámetro tanto del mástil como de la botavara.

Para introducirlas en el diseño se ha optado por realizar un diseño cilíndrico debido a que la sección del mástil de 470 tiene una forma complicada. Para empezar se ha introducido un círculo en la parte inferior de la bañera, en la zona anterior a la cuaderna nº3 que es la posición del mástil según los planos originales. Posteriormente se ha creado una superficie delimitada por el círculo y se ha extruido hasta la longitud designada del mástil. En el mástil se han creado las crucetas mediante la creación de dos helicoides en la superficie del mástil, que se han extruido a la longitud designada (Véase figura 47)

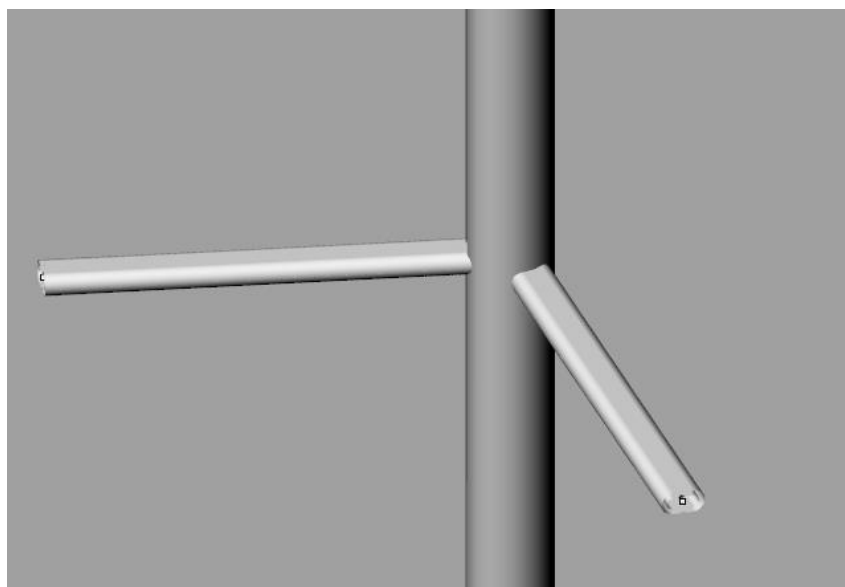


Figura 47 128 Vista detalle crucetas mástil formato 3D (Fuente: Propia)

Para la introducción de la botavara en el diseño, se ha seguido el mismo proceso que con el mástil, pero horizontalmente y partiendo de la altura designada por el aparejo de la embarcación donante. (Véase figura 48)

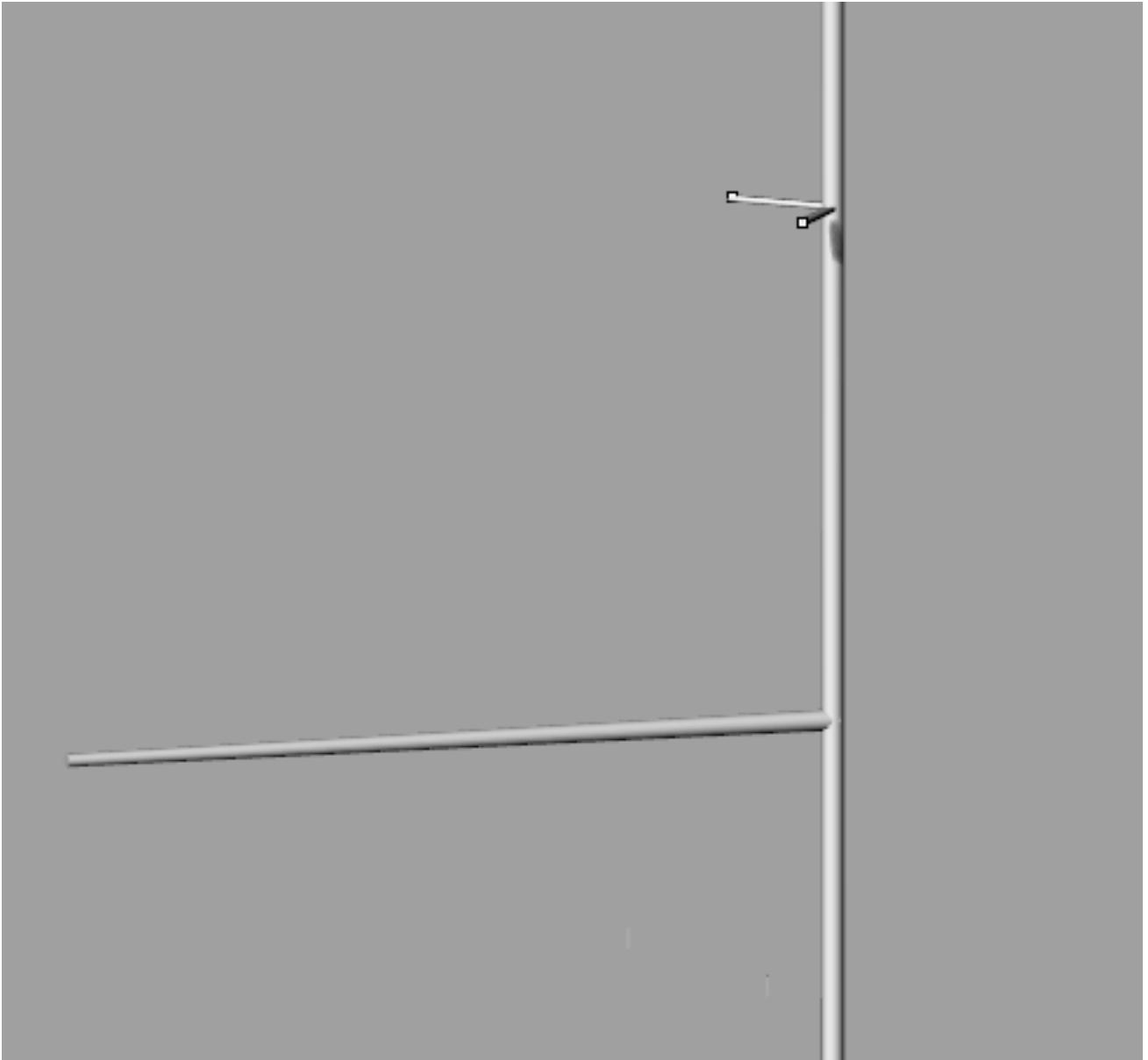


Figura 48 Vista arboladura, mástil y botavara formato 3D (Fuente: Propia Rhinoceros)

En la parte inferior del mástil, sobre la cubierta se ha diseñado la estructura de soporte del mástil mediante dos ángulos con muescas para poder modificar la posición del mástil (Véase figura 49)

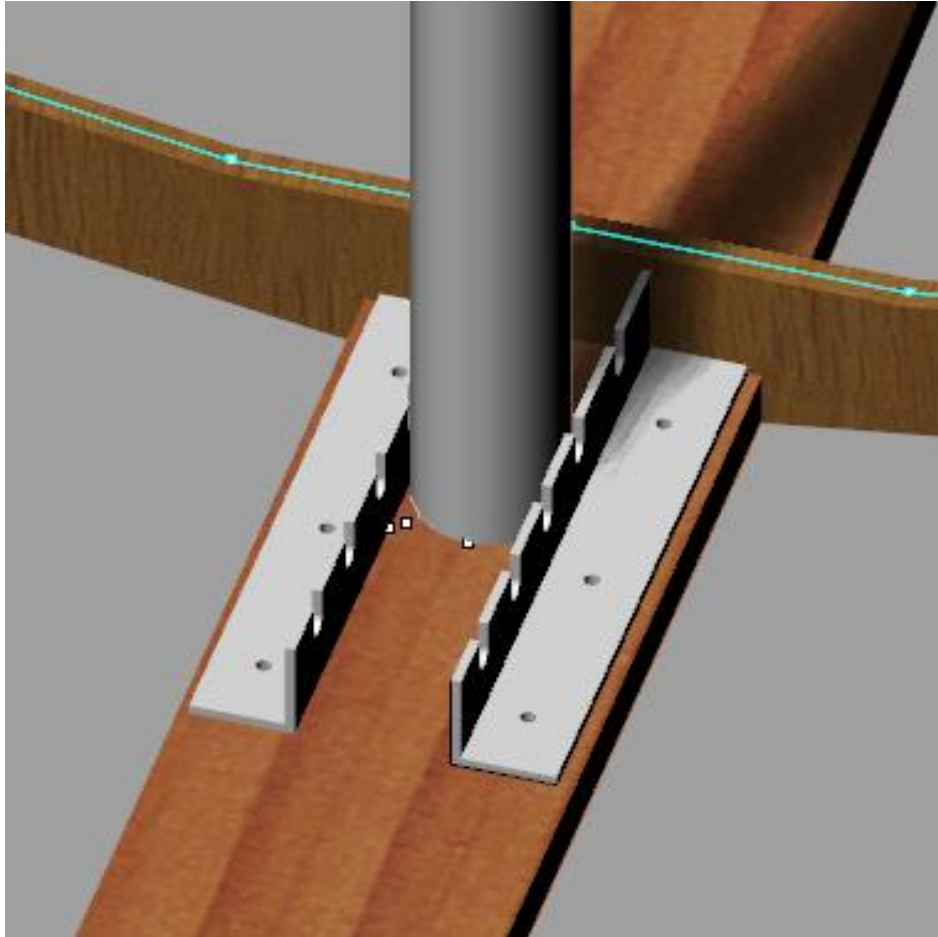


Figura 49 Vista detalle soporte mástil quilla formato 3D (Fuente: Propia Rhinoceros)

Finalmente se ha introducido la jarcia firme al diseño formada por los obenques y los cadenotes. Para hacerlo se han realizado superficies circulares de pequeño diámetro en la superficie de la cubierta, y se han extruido hasta el palo (Véase figura 50).

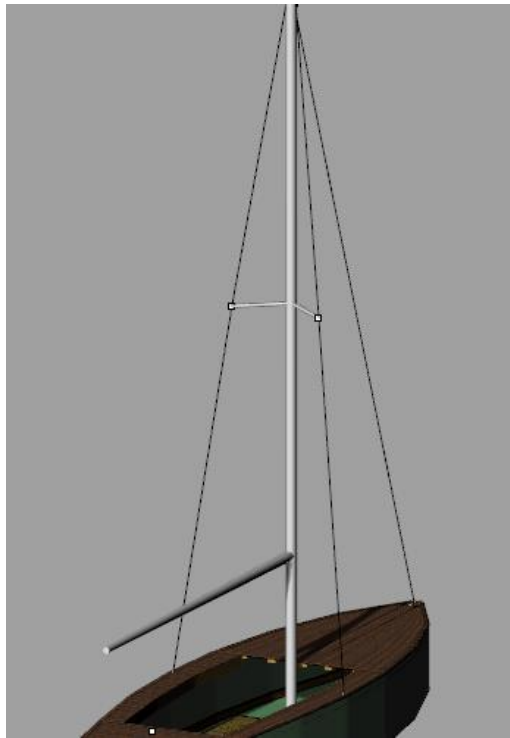


Figura 50 Vista obenques arboladura formato 3D (Fuente: Propia Rhinoceros)

Para los cadenotes, tal y como se ha hecho con el soporte del mástil se han creado dos superficies angulares provistas de agujeros para sus distintas posiciones (Véase figura 51).

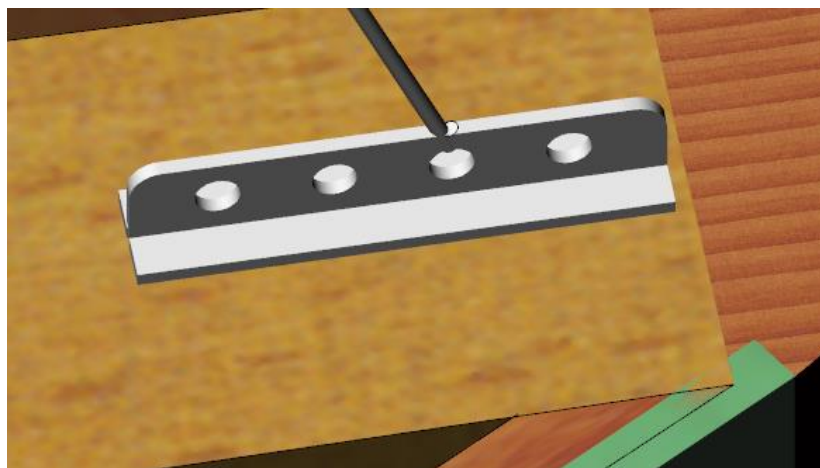


Figura 51 Vista detalle cadenote de proa formato 3D (Fuente: Propia Rhinoceros)

Orza:

El modelo incorpora una orza de hierro situada en el centro de la cuaderna nº4. Para introducirla en el diseño, igual como se ha hecho con las cuadernas se han introducido las coordenadas de las aristas de la pieza para posteriormente unirlos mediante líneas y ubicarlos en la posición designada. Una vez se ha obtenido el contorno de la pieza en el lugar designado se forma la superficie delimitada por las líneas. Finalmente se le ha dado el grosor deseado por las dos partes por igual (Véase figura 52).

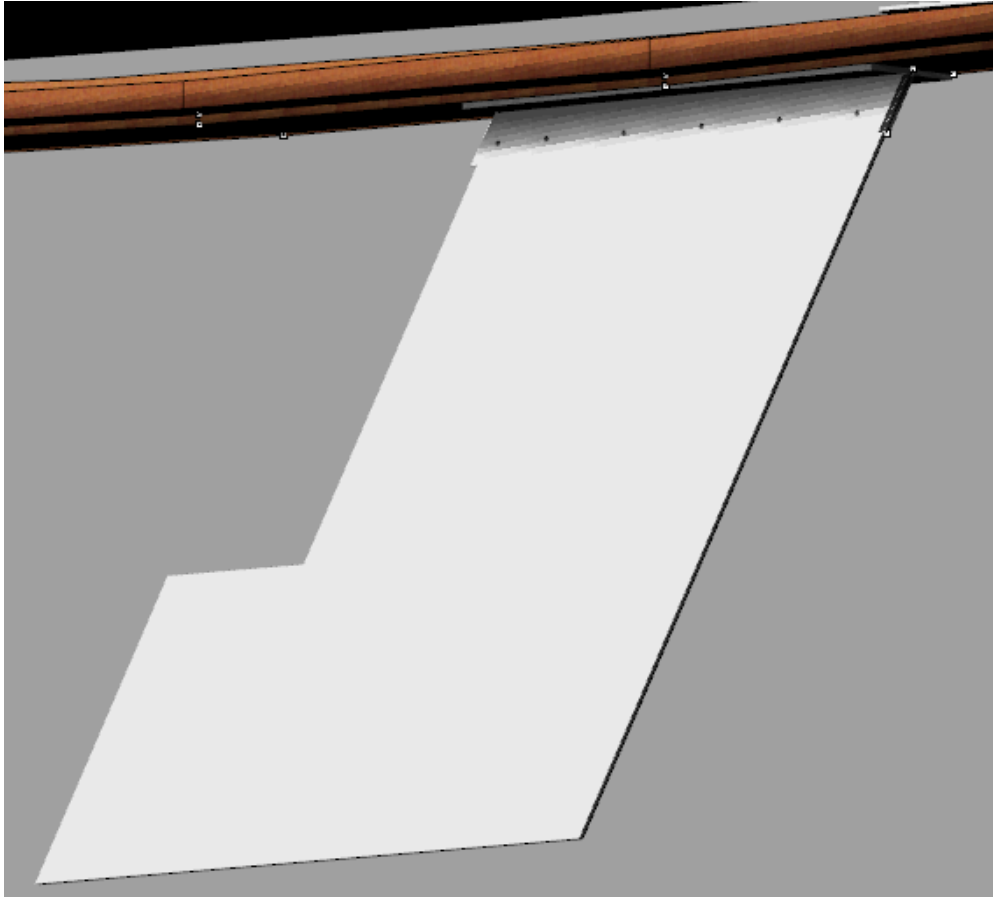


Figura 52 Vista orza de hierro formato 3D (Fuente: Propia Rhinoceros)

Timón:

El timón se encuentra ubicado entre la cuaderna nº6 y la cuaderna nº7. El primer paso que se ha realizado para diseñarlo ha sido introducir la mecha de este en el diseño. Para hacerlo se ha realizado una superficie circular en la posición designada y se ha extruido a la longitud deseada.

Finalmente igual como se ha hecho con todas las piezas, se ha introducido el contorno mediante puntos en las aristas y se han unido mediante líneas. Una vez se ha obtenido el contorno deseado en la posición designada se ha introducido la superficie y se le ha dado grosor para formar un sólido (Véase figura 53)

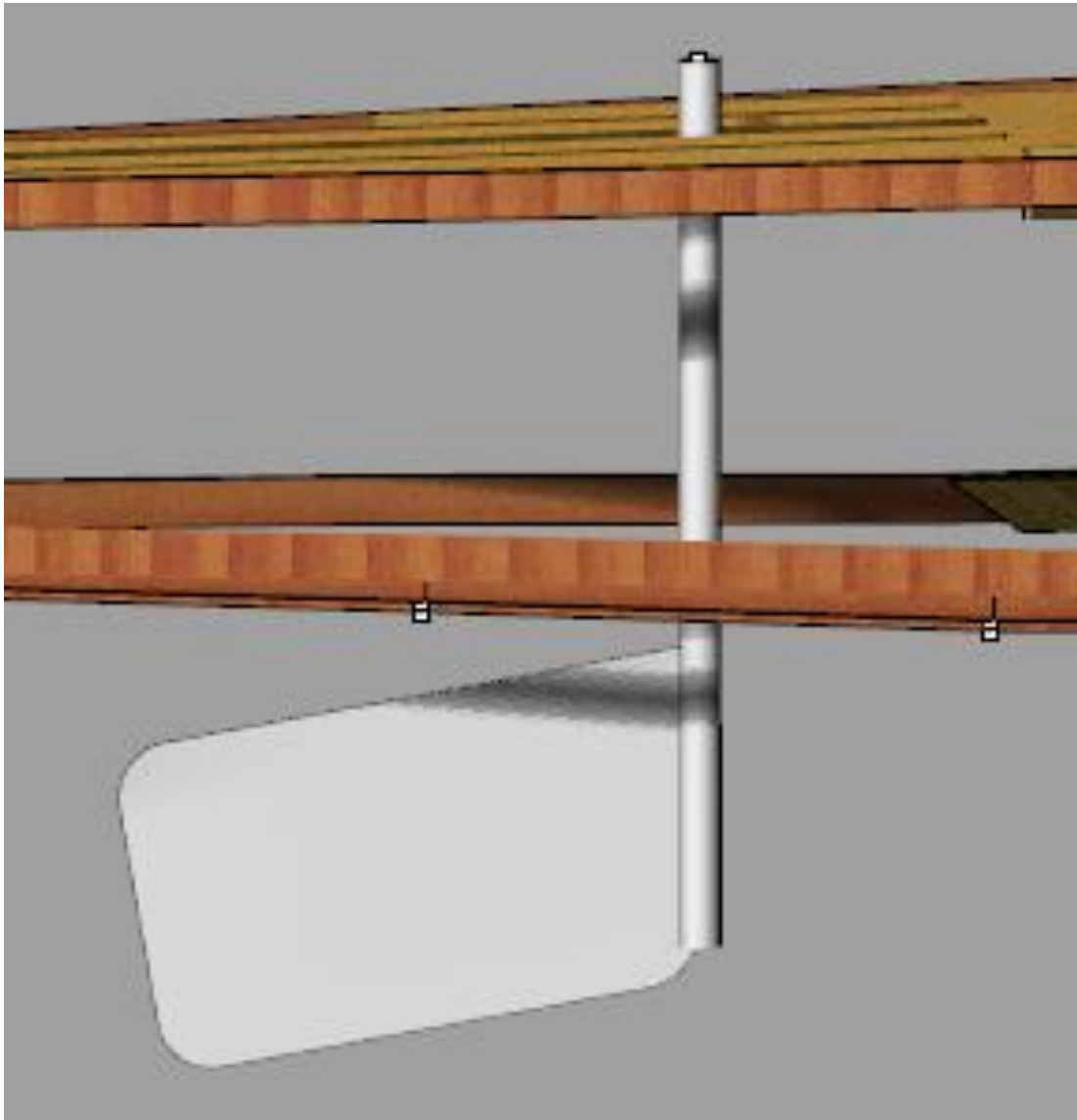


Figura 53 Vista pala timón y mecha formato 3D (Fuente: Propia Rhinoceros)

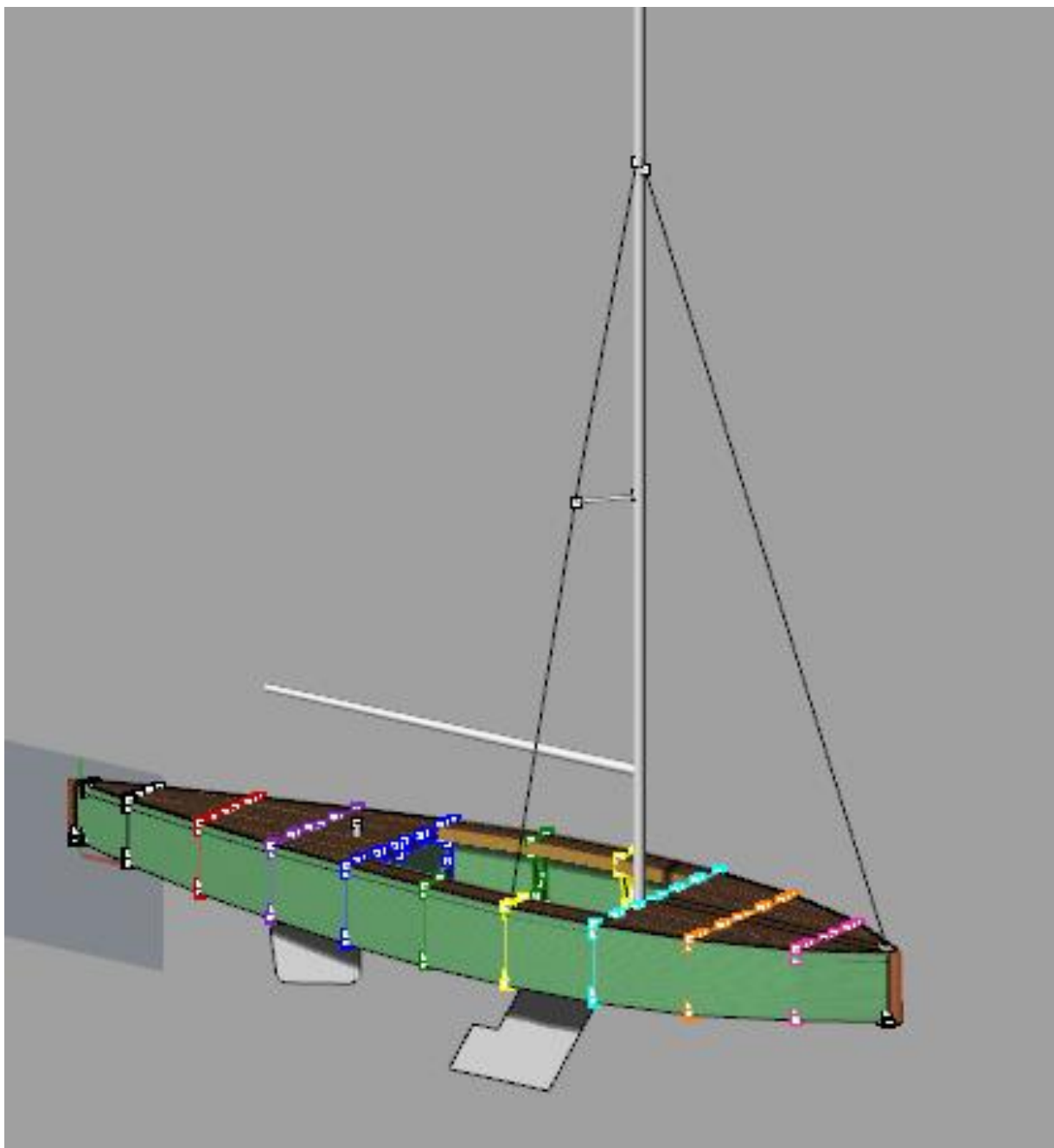


Figura 54 Vista modelo completo formato 3D (Fuente: Propia Rhinoceros)

2.2.2. MAXSURF

Una vez se ha obtenido el diseño en 3D mediante el programa Rhinoceros, se ha procedido a realizar un estudio hidrodinámico del modelo mediante Maxsurf.

Dentro del abanico de programas que tiene Maxsurf, en primer lugar se ha utilizado el módulo Maxsurf Modeler, este está dedicado al diseño y a la generación de geometrías de cascos.

Al contar con el modelo 3D generado mediante Rhinoceros, se ha procedido a importar el contorno. Para ello mediante Rhinoceros se ha creado una estructura de solo el contorno (Véase figura 55) debido a que Maxsurf Modeler solo adopta las formas del casco exteriores.

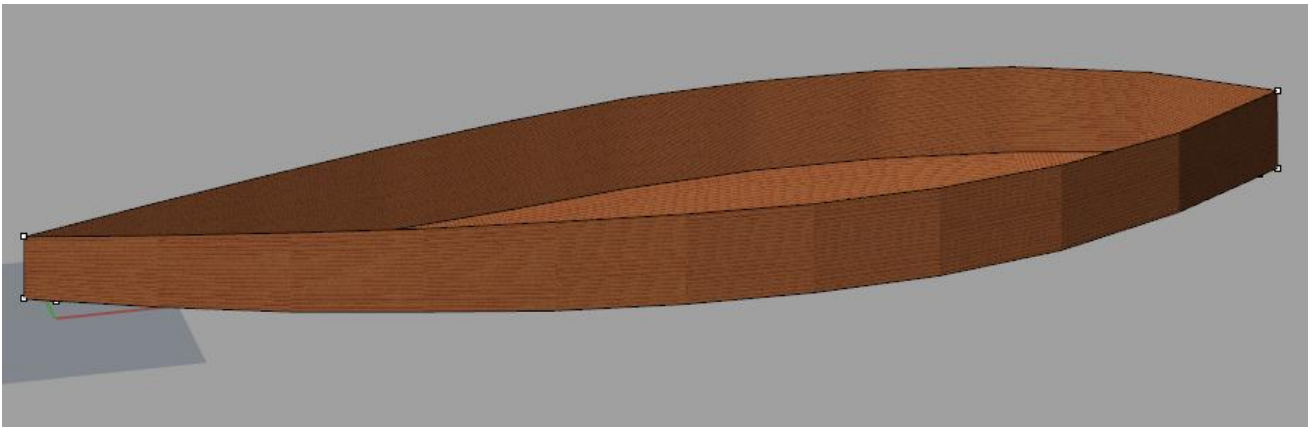


Figura 55 Vista modelo exportación Maxsurf formato 3D (Fuente: Propia Rhinoceros)

Una vez importado el modelo, el programa genera las formas del casco sobre las cuales se va a realizar el estudio (Véase figura 56)

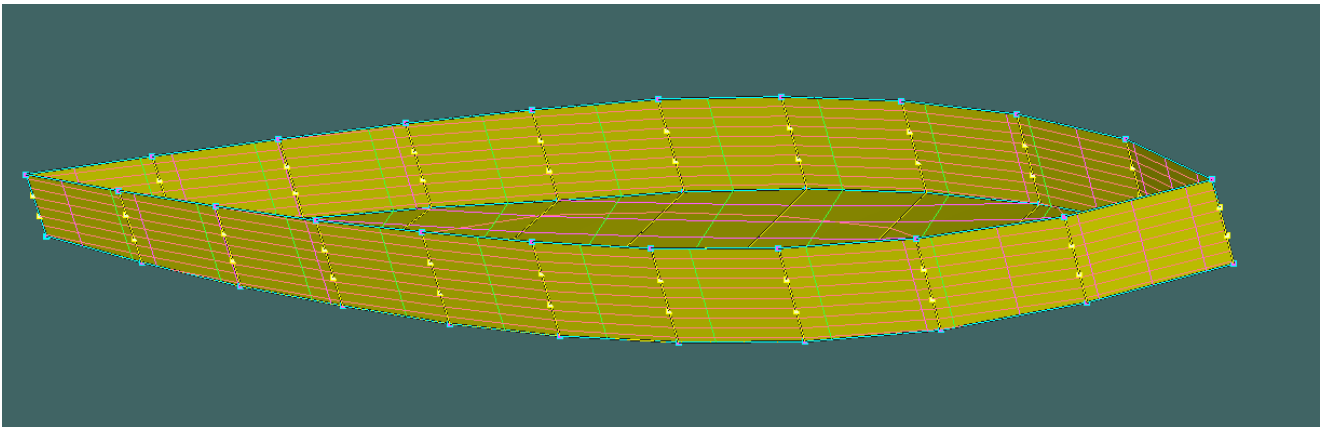


Figura 56 Vista modelo Maxsurf formato 3D (Fuente: Propia Maxsurf)

Mediante la pestaña “Data” seleccionando la función “Frame of Reference” (Véase figura 57) se han delimitado parámetros como:

- Línea de calado
- Perpendicular de proa
- Perpendicular de popa
- Línea base

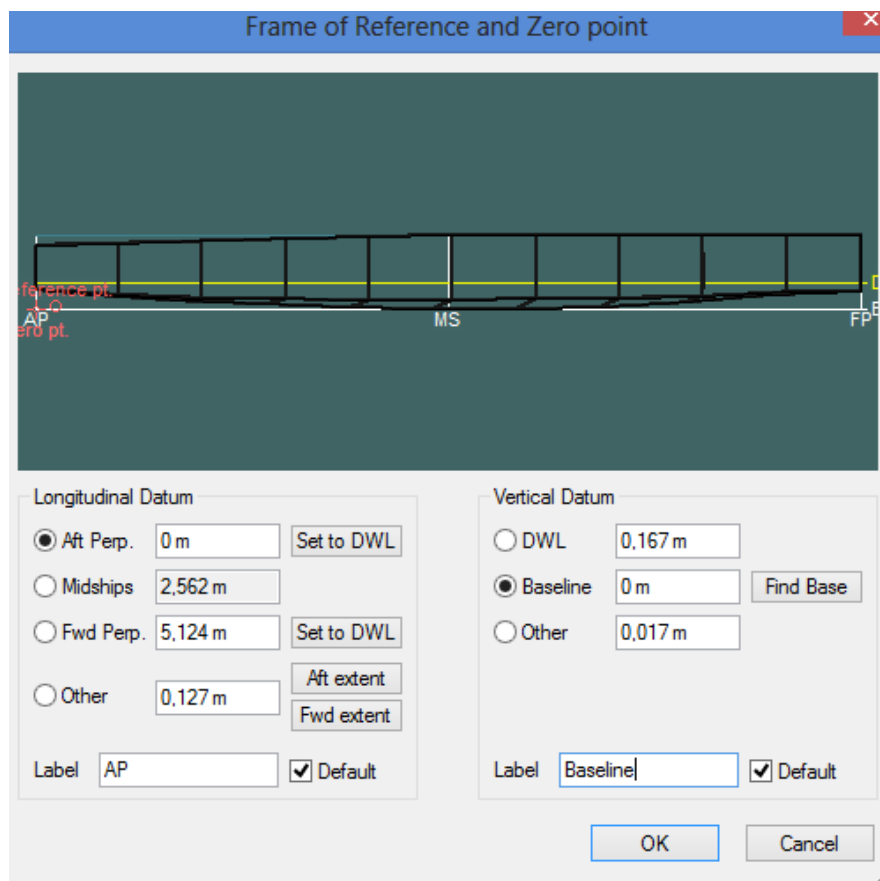


Figura 57 Vista pantalla de configuración líneas de referencia (Fuente: Propia Maxsurf)

Con estos datos el programa proporciona un estudio de superficie generando los coeficientes más representativos del modelo. Para visualizarlos se ha seleccionado en la ventana "Data" la función "Calculate Hydrostatics", con esta función el programa ha generado una tabla con todos los datos hidrostáticos de las formas del casco. (Véase tabla 5)

	Measurement	Value	Units
1	Displacement	446,5	kg
2	Volume (displaced)	0,436	m ³
3	Draft Amidships	0,167	m
4	Immersed depth	0,167	m
5	Immersed depth of st	0,166	m
6	Immersed depth amid	0,167	m
7	WL Length	5,124	m
8	Beam max extents o	1,085	m
9	Beam max on WL	1,085	m
10	Beam extents on WL	1,079	m
11	Beam on WL of stati	1,079	m
12	Beam extents on WL	1,024	m
13	Beam on WL amidshi	1,024	m
14	Wetted Area	4,557	m ²
15	Max sect. area	0,150	m ²
16	Sect. area amidships	0,145	m ²
17	Waterpl. Area	3,578	m ²
18	Prismatic coeff. (Cp)	0,568	
19	Block coeff. (Cb)	0,469	
20	Max Sect. area coeff	0,837	
21	Waterpl. area coeff.	0,644	
22	LCB length	2,750	from z
23	LCF length	2,810	from z
24	LCB %	53,672	from z
25	LCF %	54,841	from z
26	VCB	0,103	m
27	KB	0,103	m
28	KG fluid	0,000	m
29	BMt	0,535	m
30	BML	10,663	m
31	GMt corrected	0,638	m

Tabla 5 Datos hidrostáticos Maxsurf

2.3. MODELO 2D

2.3.1. AUTOCAD

Una vez moldeado el diseño en tres dimensiones y después de ser analizado, se ha procedido a la elaboración de unos planos en dos dimensiones a tamaño real para su posterior impresión.

Existe una opción mediante el programa Rhinoceros con la cual se habría podido exportar las formas de las cuadernas directamente al programa AutoCAD. Pero debido a que los ejes de referencia usados para la elaboración del diseño en tres dimensiones no eran los mismos que aceptada el programa AutoCAD por defecto, se ha decidido empezar de cero e introducir las coordenadas de nuevo. Esta decisión se ha basado en una cuestión meramente de seguridad ante posibles fallos en cuanto a las importaciones de archivos entre programas distintos, por tanto empezando de cero se ha estado completamente seguro de que los diseños impresos serían los correctos.

Solo se han elaborado tres grupos de piezas mediante planos en dos dimensiones:

- **Guía de formas:**

La guía de formas es la pieza más importante para la construcción y conservación de las formas del buque, debido a que transmite a la quilla la curvatura deseada y sujeta las cuadernas a la posición designada. Para su elaboración en diseño de dos dimensiones se ha tenido en cuenta las medidas de tablón de pino. La eslora no ha sido un problema ya que anteriormente como se ha explicado en el apartado de modificaciones de las dimensiones del modelo, todas las piezas se han modificado de acuerdo con la longitud máxima del tablón de pino subministrado. En este proceso la única modificación que ha sufrido la guía de forma ha sido en la anchura de la misma, debido a que el tablón de pino subministrado tenía una anchura menor a la designada por los planos. Esta modificación no ha alterado en absoluto las formas del modelo, ya que solo es una modificación funcional.

Para la elaboración de la guía de formas, a la hora de diseñar los encastillajes de las cuadernas se ha tenido en cuenta la posterior función de sobrequilla, por tanto se ha dejado un margen necesario para su resistencia estructural (Véase figura 58).

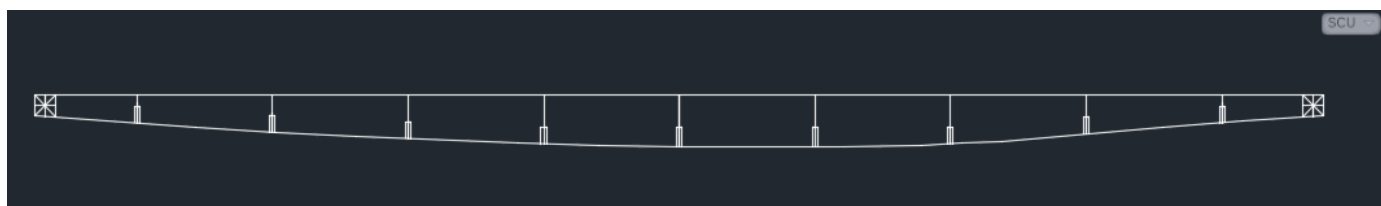


Figura 58 Vista guía de formas formato 2D (Fuente: Propia Autocad)

- **Quilla:**

Para la elaboración en plano de dos dimensiones de la quilla se ha tenido en cuenta la propia curvatura de la misma, debido a que se han modificado las dimensiones del modelo original, no se sabía la longitud real de la quilla. Por tanto antes de su introducción a formato dos dimensiones, mediante el programa Rhinoceros, se ha seleccionado la quilla y utilizando la función “Aplanar” se ha estirado su curvatura sobre el plano. Con esta acción se ha podido determinar la longitud real de la quilla para su posterior elaboración en plantilla. Para la introducción de la quilla solo se ha tenido en cuenta su longitud, el contorno y la posición de las cuadernas una vez aplanada la curvatura. (Véase figura 59)



Figura 59 Vista quilla en formato 2D (Fuente: Propia Autocad)

- **Cuadernas:**

Las cuadernas se han introducido manualmente a base de líneas con sus respectivos ángulos respetando las dimensiones del plano realizado en tres dimensiones mediante Rhinoceros. Se ha tenido en cuenta que la zona inferior de la bañera quedara plana a un mismo ángulo, respetando los tres niveles comentados anteriormente en el apartado del modelo en tres dimensiones. Una vez introducidas en el programa, se han verificado mediante si ubicación sobre la guía de formas tanto en vista de planta como en vista de perfil corroborando así la hegemonía de las formas de proa a popa y la caída propiamente dicha desde la zona posterior de la bañera hasta la roda de popa (Véase figura 60)

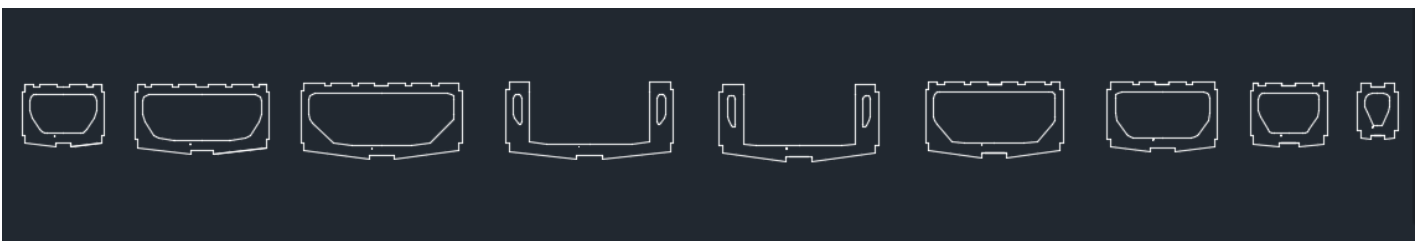


Figura 60 Vista cuadernas formato 2D (Fuente: Propia Autocad)

En cuanto a las piezas restantes se ha decidido no realizarlas en formato dos dimensiones y por tanto no imprimirlas a tamaño real debido a diferentes cuestiones según las piezas:

- **Forros y Cubiertas:** Se ha decidido cortarlos sobre la estructura debido a sus dimensiones. Se ha tomado esta medida por el tema de economizar las planchas de contrachapado debido a son piezas de grandes dimensiones y la posibilidad de fallo era elevada.
- **Trancaniles:** La elaboración de planos para estas piezas no ha tenido ninguna función debido a que se tratan de listones de sección rectangular de la longitud de los tablones de pino.
- **Refuerzos de cubierta:** Igual que los trancaniles se tratan de trozos rectangulares de madera contrachapada. Por la cuestión antes mencionada de la economización de la madera, y aunque sobre los planos se ha tenido en cuenta su longitud se ha decidió elaborarlos mediante los sobrantes del corte de las cuadernas.

Una vez se han introducido en formato digital de dos dimensiones todas las piezas necesarias para la elaboración de planos, se ha procedido a ubicarlas en un rectángulo con las medidas de las planchas de contrachapado para así poder saber i corroborar la cantidad de planchas necesarias para su elaboración (Véase figura 61).

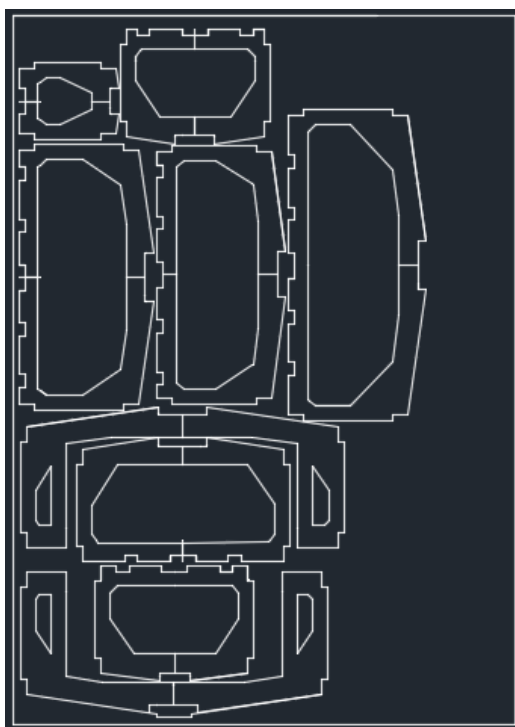


Figura 61 Vista composición cuadernas sobre plancha formato 2D (Fuente: Propia Autocad)

Finalmente, se ha creado un rectángulo de las medidas máximas que admiten las impresoras de planos para así poder colocar las piezas a imprimir i que ocupen el mínimo espació posible a modo de economizar el material (Véase figura 62)

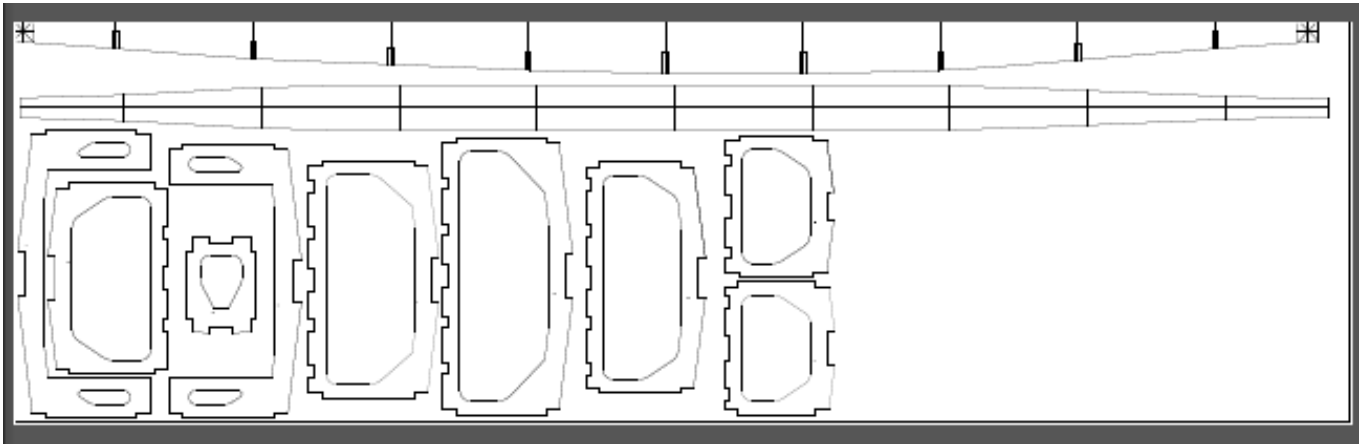


Figura 62 Vista piezas para impresión formato PDF (Fuente: Propia Autocad)

3. ESTUDIO HIDRODINAMICO

3.1. DESPLAZAMIENTO

En este apartado se ha procedido al cálculo exhaustivo de todos los pesos que comprenden el modelo. Debido a la imposibilidad de encontrar información sobre el peso real de la jarcia firme, de la jarcia de labor y de las velas de la embarcación de vela ligera 470, no se ha tenido en cuenta ya que según los cálculos preliminares al situarse cerca del centro de gravedad y al tener un peso casi insignificante con el resto de la embarcación se ha considerado que su implicación en el estudio hidrodinámico no sería de gran relevancia.

3.1.1. CALCULO DE PESOS

Para realizar el cálculo de pesos y por tanto el desplazamiento real del modelo se han tenido en cuenta cada una de las partes de la embarcación como son las partes de madera y las partes de metal.

Para realizar dicho cálculo se han tenido en cuenta el volumen de cada pieza, la densidad del material con la cual tiene que ser fabricada y una media de peso estándar de la tripulación.

Como se ha trabajado principalmente con tres materiales diferentes, se ha elaborado una tabla de relación de materiales – densidades (Véase tabla 6)

MATERIAL	DENSIDAD
Contrachapado marino okume	0.400 g/cm ³
Pino común	0.520 g/cm ³
Hierro negro	7.800 g/cm ³

Tabla 6 Comparativa densidades materiales de construcción

Posteriormente mediante el programa Rhinoceros, dado que teníamos elaborado el modelo a escala real, mediante el comando “Volumen” se ha calculado el volumen real de cada una de las piezas que conforman el modelo.

Una vez calculadas se ha elaborado una tabla mediante Excel, calculando el peso real de cada pieza como se muestra a continuación (Véase Anexo 3):

TABLA DE PESOS			
Pieza	Volumen (cm ³)	Densidad (g/cm ³)	Peso (kg)
Cuaderna 1	1672.998	0.400	0.669
Cuaderna 2	2422.240	0.400	0.969
Cuaderna 3	2813.057	0.400	1.125
Cuaderna 4	2327.482	0.400	0.931
Cuaderna 5	2306.800	0.400	0.923
Cuaderna 6	2477.649	0.400	0.991
Cuaderna 7	2076.917	0.400	0.831
Cuaderna 8	1582.075	0.400	0.633
Cuaderna 9	1208.277	0.400	0.483
Quilla	22465.348	0.520	11.682
Trancanil 1	2990.449	0.520	1.555
Trancanil 2	3152.370	0.520	1.639
Trancanil 3	2990.449	0.520	1.555
Trancanil 4	3152.370	0.520	1.699
Refuerzo cubierta 1	539.478	0.400	0.216
Refuerzo cubierta 2	854.967	0.400	0.342
Refuerzo cubierta 3	2063.081	0.400	0.825
Refuerzo cubierta 4	854.967	0.400	0.342
Refuerzo cubierta 5	539.448	0.400	0.216
Refuerzo cubierta 6	344.486	0.400	0.138
Refuerzo cubierta 7	955.995	0.400	0.382
Refuerzo cubierta 8	2783.090	0.400	1.113
Refuerzo cubierta 9	955.995	0.400	0.382
Refuerzo cubierta 10	344.486	0.400	0.138
Refuerzo bañera 1	1705.540	0.520	0.887
Refuerzo bañera 2	1705.540	0.520	0.887
Cubierta	19299.988	0.400	7.720
Forro 1	16007.200	0.400	6.403
Forro 2	13598.803	0.400	5.440
Forro 3	16007.200	0.400	6.403
Forro 4	13598.803	0.400	5.440
Bañera	11504.796	0.400	4.602
Falsa roda proa	1834.809	0.520	0.954
Falsa roda popa	1266.089	0.520	0.685
Roda popa	714.592	0.520	0.372
Roda proa	660.290	0.520	0.343
Orza	1655.643	7.800	12.914
Lastre			75.000
Pala timón	295.810	7.800	2.307
Mástil			10.000
Botavara			3.500
Tripulantes	2 personas		150.000
Peso total:			323.549 kg

Tabla 7 Cálculo volúmenes y pesos partes del modelo real

3.2. ESTABILIDAD

Para realizar el estudio de estabilidad del modelo real se han tenido en cuenta cada una de las partes de la embarcación que la conforman, tanto las partes de madera como las de metal.

Para realizar dicho estudio no se ha tenido en cuenta el peso de la tripulación, ya que al ser una embarcación a vela, medio vela ligera el peso de la tripulación se va distribuyendo según el tipo de navegación realizada.

Para hacer un estudio exhaustivo de la estabilidad del barco se han tenido en cuenta el peso y el centro de gravedad de cada pieza.

Los centros de gravedad de las piezas se han calculado mediante el programa Rhinoceros usando el comando “Centroide de Volumen” en cada una de las partes que conforman el buque.

Una vez realizado el cálculo se ha elaborado una tabla mediante Excel (Véase anexo 3) donde se relaciona cada pieza con su peso y su centro de gravedad.

TABLA DE CENTROS DE GRAVEDAD				
Pieza	Peso (kg)	Centro de volumen (cm)		
		x	y	z
Cuaderna 1	0.669	460,830	24,696	0,000
Cuaderna 2	0.969	409,014	23,117	0,000
Cuaderna 3	1.125	357,198	22,237	0,000
Cuaderna 4	0.931	305,382	15,080	0,000
Cuaderna 5	0.923	253,566	15,920	0,000
Cuaderna 6	0.991	201,750	21,118	0,000
Cuaderna 7	0.831	149,934	21,362	0,000
Cuaderna 8	0.633	98,118	21,029	0,000
Cuaderna 9	0.483	46,154	22,077	0,000
Quilla	11.682	259,346	1,346	0,000
Trancanil 1	1.555	266,249	7,250	-37,752
Trancanil 2	1.639	264,883	40,891	-37,635
Trancanil 3	1.555	266,249	7,250	37,752
Trancanil 4	1.699	264,883	40,891	37,635
Refuerzo cubierta 1	0.216	394,065	43,409	34,906
Refuerzo cubierta 2	0.342	415,427	43,410	17,700
Refuerzo cubierta 3	0.825	427,433	43,407	0,000
Refuerzo cubierta 4	0.342	415,427	43,410	-17,700
Refuerzo cubierta 5	0.216	394,065	43,409	-34,906
Refuerzo cubierta 6	0.138	178,048	41,659	-34,596
Refuerzo cubierta 7	0.382	137,036	40,580	-17,360
Refuerzo cubierta 8	1.113	107,079	39,819	0,000
Refuerzo cubierta 9	0.382	137,036	40,580	17,360
Refuerzo cubierta 10	0.138	178,048	41,659	34,596
Refuerzo bañera 1	0.887	279,488	40,847	36,894
Refuerzo bañera 2	0.887	279,488	40,847	-37,894
Cubierta	7.720	272,468	43,428	0,000
Forro 1	6.403	260,996	24,276	36,781
Forro 2	5.440	277,160	1,990	23,978
Forro 3	6.403	260,996	24,276	-36,781
Forro 4	5.440	277,160	1,990	-23,978
Bañera	4.602	274,716	9,544	0,000
Falsa roda proa	0.954	495,764	27,041	0,000
Falsa roda popa	0.685	11,371	3,931	0,000
Roda popa	0.372	502,273	26,874	0,000
Roda proa	0.343	4,377	23,614	0,000
Orza	12.914	289,528	-38,086	0,000
Lastre	75.000	275,830	-55,079	0,000
Pala timón	2.307	149,159	-19,154	0,000
Mástil	10.000	339,103	260,636	0,000
Botavara	3.500	244,078	108,079	0,000

Tabla 8 Calculo centros de gravedad partes del modelo real

Una vez se ha realizado la relación de pesos con sus centros de gravedad, utilizando la extensión Stability del programa Maxsurf se introducen los pesos con sus coordenadas (Véase figura 63).

	Item Name	Quantity	Unit Mass kg	Total Mass kg	Unit Volume cm³	Total Volume cm³	Long. Arm cm	Trans. Arm cm	Vert. Arm cm	Total FSM kg.cm	FSM Type
1	Refuerzo transversal 1	1	0,7	0,7			460,83	0,00	24,70	0,00	User Specific
2	Refuerzo transversal 2	1	1,0	1,0			409,01	0,00	23,12	0,00	User Specific
3	Refuerzo transversal 3	1	1,1	1,1			357,20	0,00	22,24	0,00	User Specific
4	Refuerzo transversal 4	1	0,9	0,9			305,38	0,00	15,08	0,00	User Specific
5	Refuerzo transversal 5	1	0,9	0,9			253,57	0,00	15,92	0,00	User Specific
6	Refuerzo transversal 6	1	1,0	1,0			201,75	0,00	21,12	0,00	User Specific
7	Refuerzo transversal 7	1	0,8	0,8			149,93	0,00	21,36	0,00	User Specific
8	Refuerzo transversal 8	1	0,6	0,6			96,12	0,00	21,03	0,00	User Specific
9	Refuerzo transversal 9	1	0,5	0,5			46,15	0,00	22,08	0,00	User Specific
10	Quilla	1	11,7	11,7			259,35	0,00	1,35	0,00	User Specific
11	Refuerzo longitudinal 1	1	1,6	1,6			266,25	-37,75	7,25	0,00	User Specific
12	Refuerzo longitudinal 2	1	1,6	1,6			264,88	-37,63	40,89	0,00	User Specific
13	Refuerzo longitudinal 3	1	1,6	1,6			266,25	37,75	7,25	0,00	User Specific
14	Refuerzo longitudinal 4	1	1,6	1,6			264,88	37,63	40,89	0,00	User Specific
15	Refuerzo cubierta 1	1	0,2	0,2			394,06	34,91	43,41	0,00	User Specific
16	Refuerzo cubierta 2	1	0,3	0,3			415,43	17,70	43,41	0,00	User Specific
17	Refuerzo cubierta 3	1	0,8	0,8			427,43	0,00	43,41	0,00	User Specific
18	Refuerzo cubierta 4	1	0,3	0,3			415,43	-17,70	43,41	0,00	User Specific
19	Refuerzo cubierta 5	1	0,2	0,2			394,06	-34,91	43,41	0,00	User Specific
20	Refuerzo cubierta 6	1	0,1	0,1			178,05	-34,60	41,66	0,00	User Specific
21	Refuerzo cubierta 7	1	0,4	0,4			137,04	-17,36	40,58	0,00	User Specific
22	Refuerzo cubierta 8	1	1,1	1,1			107,08	0,00	39,82	0,00	User Specific
23	Refuerzo cubierta 9	1	0,4	0,4			137,04	17,36	40,58	0,00	User Specific
24	Refuerzo cubierta 10	1	0,1	0,1			178,05	34,60	41,66	0,00	User Specific
25	Refuerzo baldera 1	1	0,7	0,7			279,49	-36,89	40,85	0,00	User Specific
26	Refuerzo baldera 2	1	0,7	0,7			279,49	36,89	40,85	0,00	User Specific
27	Cubierta	1	7,7	7,7			272,47	0,00	43,43	0,00	User Specific
28	Forro 1	1	6,4	6,4			261,00	36,78	24,28	0,00	User Specific
29	Forro 2	1	5,4	5,4			277,16	23,98	1,99	0,00	User Specific
30	Forro 3	1	6,4	6,4			261,00	-36,78	24,28	0,00	User Specific
31	Forro 4	1	5,4	5,4			277,16	-23,98	1,99	0,00	User Specific
32	Baldera	1	4,6	4,6			274,72	0,00	9,54	0,00	User Specific
33	Falsa roda Proa	1	1,0	1,0			495,76	0,00	0,00	0,00	User Specific
34	Falsa roda Popa	1	0,7	0,7			11,37	0,00	0,00	0,00	User Specific
35	Roda proa	1	0,4	0,4			502,27	0,00	0,00	0,00	User Specific
36	Roda popa	1	0,7	0,7			4,38	0,00	0,00	0,00	User Specific
37	Quilla metálica	1	12,9	12,9			289,53	0,00	-38,09	0,00	User Specific
38	Piomada	1	75,0	75,0			275,83	0,00	-55,08	0,00	User Specific
39	Pala timon	1	2,3	2,3			149,16	0,00	-19,15	0,00	User Specific
40	Mastil	1	10,0	10,0			339,10	0,00	260,64	0,00	User Specific
41	Botavara	1	3,5	3,5			244,08	0,00	108,08	0,00	User Specific
42	Total Loadcase			173,5	0,00	0,00	274,55	0,00	-2,40	0,00	
43	F's correction								0,00		

Figura 63 Vista de pestaña de inserción de pesos y centros de gravedad (Fuente: Propia Maxsurf Stability)

Posteriormente el programa ha hecho un cálculo y ha delimitado el desplazamiento del modelo con su centro de gravedad y centro de carena.

Una vez introducidos los datos en el programa, usado la ventana “Análisis” se ha realizado el estudio de estabilidad mediante la aplicación de la ventana “Large Angle Stability” (Véase figura 64).

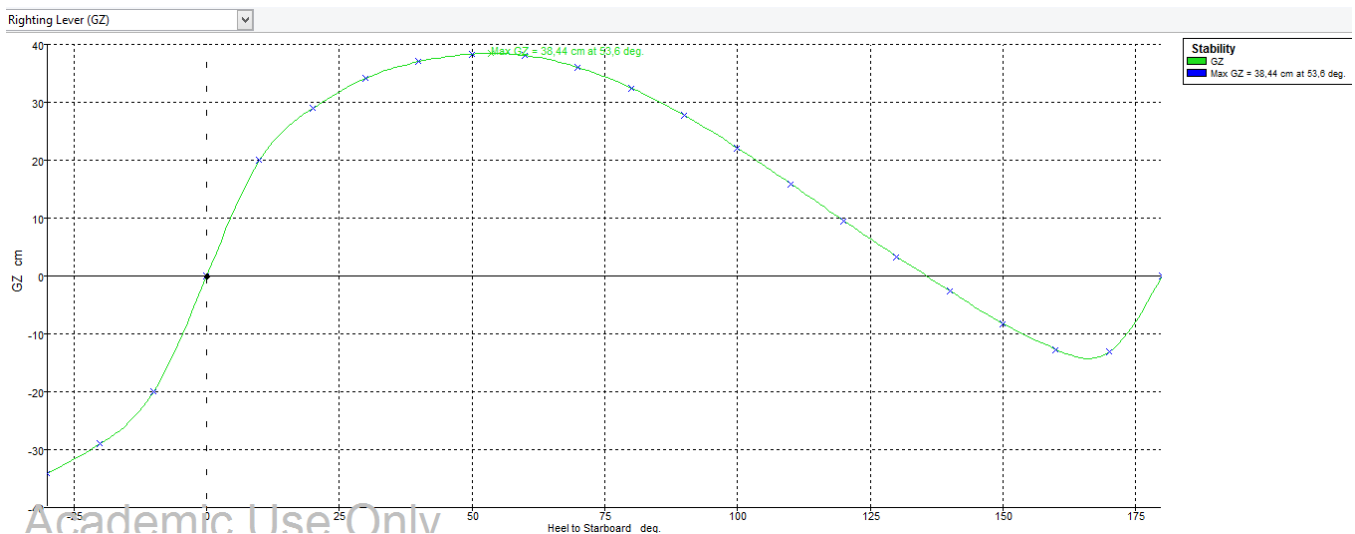


Figura 64 Vista gráfico de estabilidad GZ (Fuente: Propia Maxsurf Stability)

Como se puede observar en el gráfico el modelo tiene una gran estabilidad, esto es debido gracias a la orza lastrada y a sus formas de casco cuadradas. Analizando la gráfica se extrae que el GZ máximo es de 38.44cm a 53.6 grados de escora de la embarcación.

3.3. RESISTENCIA AL AVANCE

Para realizar el estudio de la resistencia al avance del modelo se han tenido en cuenta varios análisis:

Mediante la pestaña del programa Maxsurf “Analysis”:

- Equilibrium: Se trata de la realización del estudio y el gráfico de la curva de áreas (Véase figura 65). La curva de áreas representa el área de las cuadernas o secciones en el eje de ordenadas y la eslora de la embarcación en el eje de abscisas.

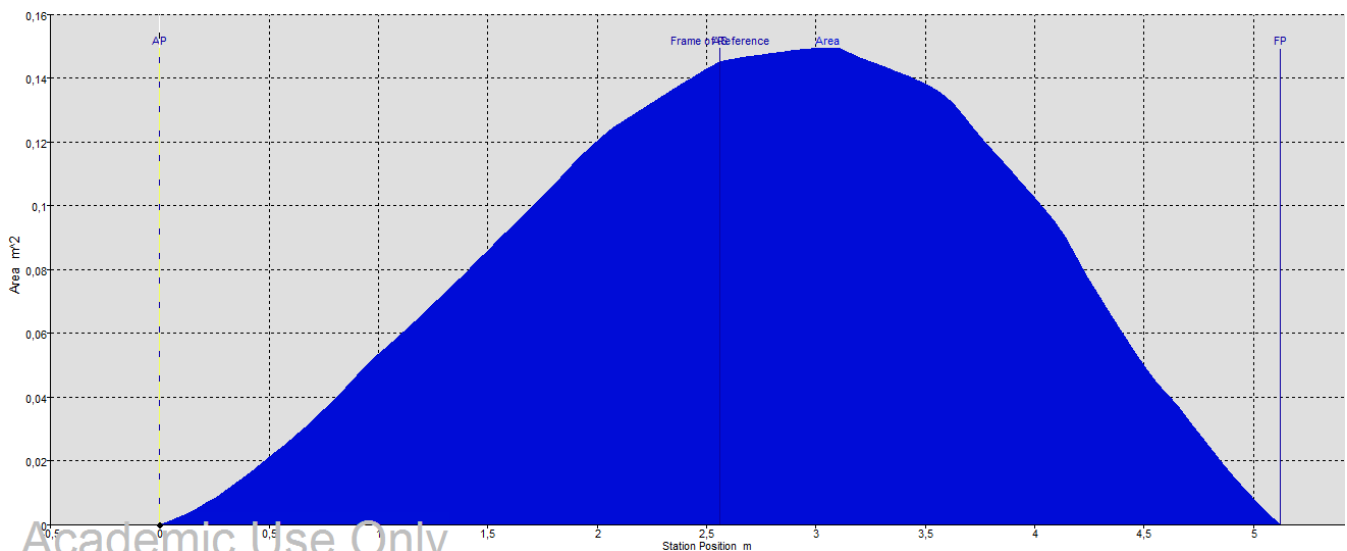


Figura 65 Gráfico curva de áreas (Fuente: Propia Maxsurf Stability)

La curva empieza por popa y va avanzando progresivamente a medida que llega al centro-proa del modelo, después va disminuyendo más pronunciadamente hasta llegar a la proa. Esto es debido a las propias formas del modelo ya que tiene la popa más esbelta que la proa, en forma de lágrima. Se puede observar que el lugar donde más superficie mojada va a haber es en el centro del modelo. Como el modelo de embarcación no tiene espejo de popa e igual que la popa son puntiagudas. En los extremos del gráfico el área es nula.

Mediante extensión Maxsurf Resistance seleccionando la pestaña Analysis, en primer lugar se ha seleccionado el tipo de método con el cual realizar el análisis de resistencia al avance, en nuestro caso se han seleccionado dos métodos, Holtrop Resistance y Series Delft I, II Sail Resistance.

Una vez seleccionado el tipo de método, se ha realizado el estudio dando los siguientes resultados (Véase tabla 9)

Velocidad (kn)	Froude Nº LWL	Froude Nº Vol.	Holtrop Resist. (N)	Holtrop Power (W)	Delft I, II Sail Resist. (N)	Delft I, II Sail Power (N)
0.375	0.027	0.071	0.58	0.11	0.39	0.08
0.750	0.054	0.142	2.04	0.79	1.44	0.56
1.125	0.082	0.212	4.27	2.47	3.05	1.77
1.500	0.109	0.283	7.24	5.59	5.18	4.00
1.875	0.136	0.354	10.93	10.54	8.37	8.07
2.250	0.163	0.425	15.40	17.83	13.31	15.40
2.625	0.191	0.495	20.87	28.18	19.98	26.98
3.000	0.218	0.566	27.73	42.80	28.36	43.77
3.375	0.245	0.637	36.52	63.40	39.11	67.90
3.750	0.272	0.708	48.45	93.47	50.56	97.53
4.125	0.299	0.778	62.12	131.82	66.88	141.93
4.500	0.327	0.849	76.80	177.80	93.72	216.96
4.875	0.354	0.920	97.70	245.03	125.07	313.66
5.250	0.381	0.991	131.00	353.81	170.60	460.77
5.625	0.408	1.061	173.48	502.02	228.34	660.76
6.000	0.435	1.132	205.74	635.04	299.05	923.06
6.375	0.463	1.203	238.59	782.46	270.97	888.68
6.750	0.490	1.274	272.03	944.62	324.24	1125.91
7.125	0.517	1.344	306.06	1121.83	366.43	1343.13

Tabla 9 Resistencia al avance según velocidades y numero de Froude

Una vez se ha analizado la tabla y se ha observado la gráfica (Véase figura 66) se ha podido observar que a una velocidad de 6.375 kn y con un número de Froude de 0.463 la resistencia según el método de series Delft I, II Sail sufre una disminución de la resistencia al avance, esto es debido a que por las formas planas del modelo a esa velocidad entra en semiplaneo. Por tanto se ha estipulado que la velocidad óptima de navegación del modelo está por encima de los 6 nudos de velocidad.

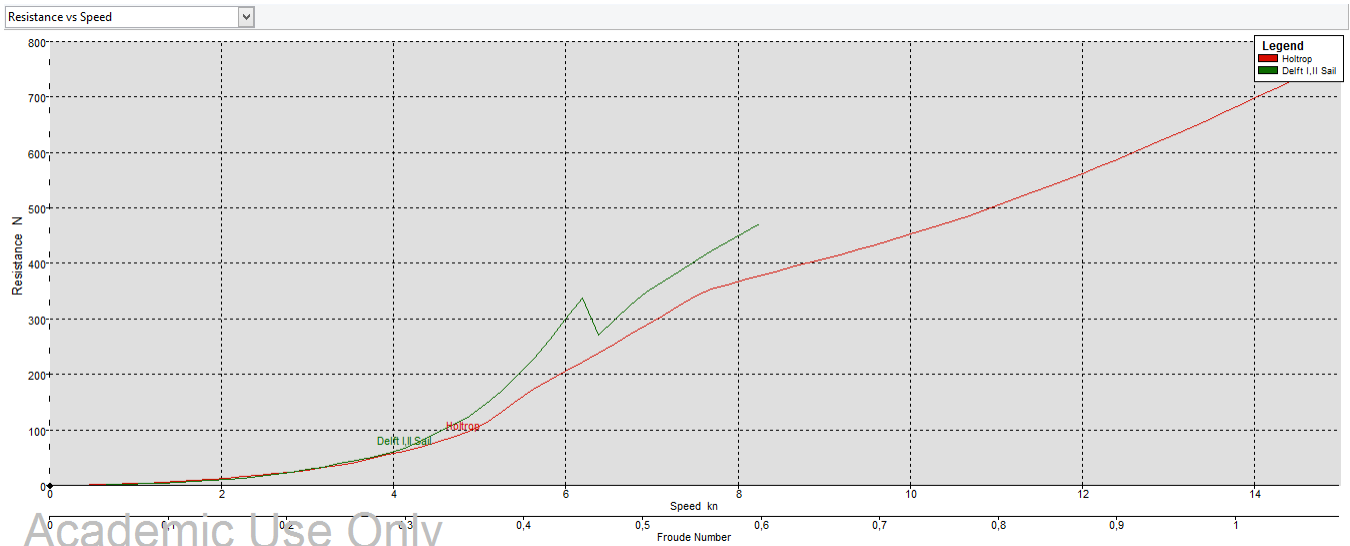


Figura 66 Grafico de Resistencia al Avance (Fuente: Propia Maxsurf Resistance)

4. CONSTRUCCIÓN

4.1. ELECCIÓN DE LOS LUGARES DE TRABAJO

Aunque inicialmente pretendíamos llevar a cabo toda la construcción íntegramente en el mismo lugar de trabajo, por distintos motivos, finalmente se ha llevado a cabo en cuatro lugares que explicaremos más adelante.

Los distintos motivos que nos llevaron a cambiar los lugares de trabajo son los siguientes:

- Escasa disponibilidad horaria de algunos de los lugares de trabajo
- No disponibilidad temporal de alguno de los lugares de trabajo
- Falta de espacio
- Falta de herramientas
- Mala ubicación
- Apoyo técnico

Los cuatro lugares donde se ha desarrollado el proyecto son los siguientes, ordenados de mayor a menor tiempo invertido en ellos:

Dársena Patí vela Barcelona (Véase figura 67):



Figura 67 Vista drassana Patí de Vela (Fuente: Propia)

Taller UPC Marina vela (Véase figura 68):



Figura 68 Vista taller - drassana UPC Marina Vela (Fuente: Propia)

Taller propio Passatge Batlló (Eixample esquerra) (Véase figura 69):



Figura 69 Vista taller propio Passatge Batlló (Fuente: Propia)

Taller de Tecnología Naval y Mecánica FNB (Véase figura 70):



Figura 70 Vista taller de tecnología naval FNB (Fuente: Propia)

NT3:

Antiguas instalaciones de la facultad en la marina Port Vell

Los criterios para la elección del lugar de trabajo han sido 3 básicamente:

- **Dimensiones:** es decir que las dimensiones del lugar fuesen suficientemente grandes para desarrollar la actividad de construcción con normalidad.
- **Herramientas:** el lugar a parte de suficientemente grande debía contar con un mínimo de herramientas
- **Apoyo técnico:** este punto se centra concretamente en el Patí, donde contamos con la inestimable ayuda de sus miembros. Omar, Albert, Fran y Rafel.

)

4.2. HERRAMIENTAS UTILIZADAS

Son muchas las herramientas que se han utilizado durante el desarrollo de este proyecto por este motivo se van a explicar y detallar las más inusuales y las que más peso han tenido en nuestro proyecto.

Las herramientas utilizadas son de diversa índole. Desde herramientas manuales antiguas, pasando por herramientas eléctricas de bricolaje, hasta llegar a potentes máquinas de carpintería industrial.

También se puede hacer una clasificación según los materiales trabajados con las herramientas: madera, hierro, tornillería y las de diversa índole.

4.2.1. HERRAMIENTAS PARA TRABAJAR LA MADERA

Cepillo manual:

Esta herramienta se ha usado básicamente para acabados. Es decir para ajustar la mayoría de las piezas a su forma final. Estas piezas son: cuadernas, quilla, trancaniles, refuerzos longitudinales y forrado (Véase figura 71):



Figura 71 Vista cepillo manual (Fuente: Propia)

Sierra de calar:

La sierra de calar ha sido una de las herramientas básicas de proyecto, pues con ella se ha dado forma todas las cuadernas así como a pequeñas piezas (muchas de ellas piezas auxiliares para la construcción, que no se encuentran en la embarcación finalizada) (Véase figura 72).



Figura 72 Vista Sierra de calar (Fuente: Propia)

Sierra de cinta:

La sierra de cinta ha sido usada puntualmente, pero nos ha facilitado mucho la labor. Se ha usado para perfilar tanto la quilla como la guía de formas así como para las rodas (Véase figura 73).



Figura 73 Vista sierra de cinta Patí de Vela (Fuente: Propia)

Sierra circular:

La sierra circular se ha usado en el corte de las varengas a partir de los listones de pino y para los refuerzos estructurales de todo el barco (Véase figura 74).



Figura 74 Vista sierra circular Patí de Vela (Fuente: Propia)

Cepillo de mesa:

Esta herramienta se ha usado para darle el grosor necesario a los tablones con los que se hicieron la quilla, guía de formas y listones. Además se usó para dar la forma deseada a las puntas de la roda y el codaste (Véase figura 75).



Figura 75 Vista cepillo de mesa Patí de Vela (Fuente: Propia)

Fresadora:

La fresadora junto a la caladora ha sido de las herramientas más utilizadas a la hora de dar forma a los bordes sobretodo (Véase figura 76).



Figura 76 Vista fresadora (Fuente: Propia)

Sargentos:

Instrumentos esenciales en todo el proceso constructivo para sujetar la estructura hasta tener los tornillos pasados y la cola *sikaflex* seca. También han sido de gran ayuda a la hora de dar forma a las varengas junto al mojado de las mismas (Véase figura 77).



Figura 77 Vista sargentos (Fuente: Propia)

Pulidora:

La pulidora se ha usado para ajustar el forro a la estructura, en el sellado de las juntas para remover la resina *epoxy* sobrante y finalmente para pulir las zonas retocadas con masilla (Véase figura 78).



Figura 78 Vista pulidora (Fuente: Leroy Merlin)

Lima y papel de lija:

Ambos se han usado para perfilar zonas y piezas concretas de la embarcación (Véase figura 79 y 80).



Figura 79 130 Vista lima manual (Fuente: Propia)



Figura 80 129 Vista papel de lija (Fuente: Leroy Merlin)

Sierra de mano:

La sierra de mano se ha usado en momentos puntuales, cuando la ubicación no nos permitía trabajar con otras herramientas (Véase figura 81).



Figura 81 Vista sierra de mano (Fuente: Propia)

Formón:

El uso del formón ha sido básicamente para las piezas de pino, pues con el contrachapado no trabaja bien. Se ha usado para dar la forma a los encajes de la guía de formas con las cuadernas (Véase figura: 82).



Figura 82 Vista formón (Fuente: Leroy Merlin)

4.2.2. HERRAMIENTAS PARA TRABAJAR EL HIERRO

Ingletadora de cinta:

La ingletadora se ha usado para cortar las láminas de hierro a las medidas deseadas para obtener las distintas piezas que conforman la orza (Véase figura 83).



Figura 83 Vista ingletadora de cinta (Fuente: Leroy Merlin)

Taladro de columna:

Esta herramienta se ha usado para perforar el conjunto de láminas que una vez soldado conforma el peso de la orza (Véase figura 84).



Figura 84 Vista taladro de columna (Fuente: Propia)

Amoladora circular:

La amoladora circular se ha usado para eliminar el excedente de soldadura y perfilar los pesos de la orza (Véase figura 85)



Figura 85 Vista amoladora circular (Fuente: Propia)

Máquina de soldadura Mig-Mag:

La máquina de soldadura se ha usado para unir las distintas láminas de hierro para formar los pesos de la orza y soldar los refuerzos (Véase figura 86).



Figura 86 Vista equipo de soldadura Mig Mag (Fuente: Propia)

4.2.3. HERRAMIENTAS PARA TORNILLERIA

Taladro percutor:

Se ha usado para fijar toda la tornillería y para realizar todos agujeros necesarios de la embarcación (Véase figura 87).



Figura 87 Vista taladro percutor (Fuente: Propia)

Berbiquí:

El berbiquí se ha usado para realizar la guía de los tornillos en los refuerzos (Véase figura 88).



Figura 88 Vista berbiquí manual (Fuente: Propia)

Destornillador:

Se ha usado como alternativa en los momentos que no contábamos con el taladro para trabajar que ha sido en varios de los lugares de trabajo (Véase figura 89).



Figura 89 Vista destornillador (Fuente: Propia)

4.2.4. OTRAS HERRAMIENTAS

Regla:

La regla se ha usado para medir todo lo referente a la madera y al hierro (Véase figura 90).



Figura 90 Vista regla (Fuente: Propia)

Cinta métrica:

Instrumento de medida al que se ha dado el mismo uso que la regla (Véase figura 91)



Figura 91 Vista cinta métrica (Fuente: Propia)

Escuadra:

La escuadra se ha usado para la medición de ángulos rectos en el proceso constructivo (Véase figura 92).

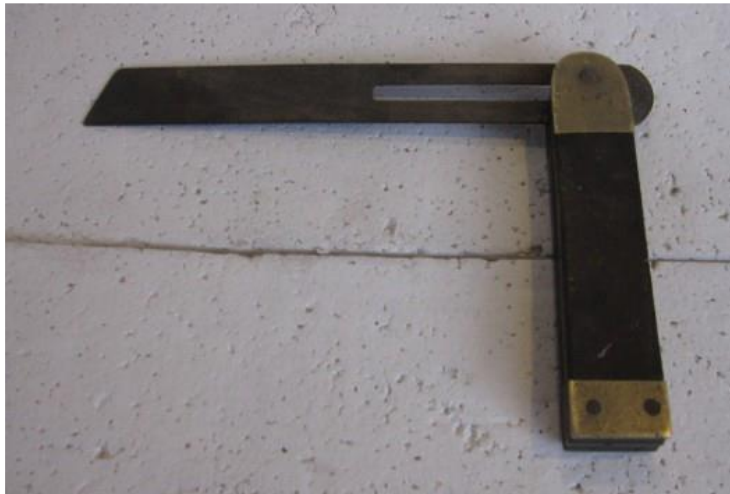


Figura 92 Vista escuadra (Fuente: Propia)

Nivel:

El nivel se ha usado para medir la nivelación del conjunto de la estructura de la embarcación (Véase figura 93).



Figura 93 Vista nivel (Fuente: Propia)

Cinchas de sujeción:

Las cinchas se han usado para dar la forma deseada a la madera, dejándolas puestas mientras la madera cedía (Véase figura 94).



Figura 94 Vista cinchas de sujeción (Fuente: Propia)

4.3. PROCESO CONSTRUCTIVO

Una vez testado el modelo en MaxSurf se ha procedido a iniciar el proceso constructivo de la embarcación. Este se ha dividido en varias fases que serán detalladas a continuación:

Cálculos madera necesaria y elección de la misma:

Esta fase se ha iniciado con la selección de las maderas. Esto se ha hecho a partir de recomendaciones técnicas de profesionales del sector. Posteriormente se ha validado la elección mediante el programa CES EduPack 2013, una enciclopedia informatizada con la mayoría de materiales que se utilizan en la industria, en el que se detallan las propiedades de los mismos.

Una vez seleccionado el tipo de madera se ha procedido a calcular la cantidad de madera de cada tipo necesaria para todos los elementos de la embarcación.

Para el cálculo del número necesario de tableros de contrachapado para sacar todas las cuadernas se ha usado el programa AutoCad, donde se han ajustado todas a la medida del tablero. De esta manera se ha podido saber cuántos tableros debíamos encargar.

Los demás elementos se han calculado de forma aproximada, pues existe la posibilidad de si se ajusta mucho cometer errores que pueden aparecer al trabajar con un material, poco previsible, como la madera.

La elección final ha sido la siguiente:

- Tres listones de pino de Flandes de 5100 mm de largo, 200 mm de ancho y 50 mm de grosor (Véase figura 95).

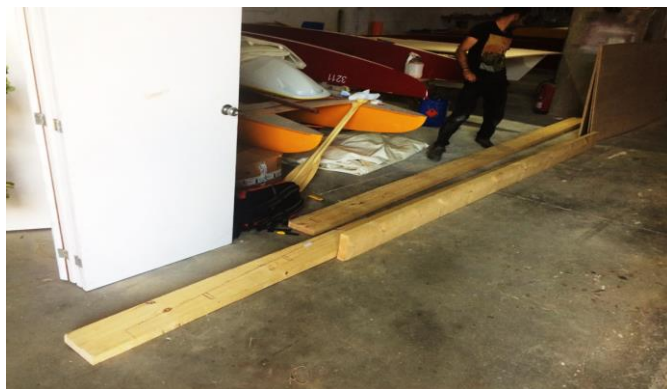


Figura 95131 Vista listones de pino de flandes (Fuente: Propia)

Con estos tres listones se han sacado la quilla, la guía de formas y los trancaniles.

- Seis tableros de contrachapado de Okumen de 2500 mm de largo, 1220 mm de ancho y 10 mm de grosor (Véase figura 96).



Figura 96 Vista tableros de Okumen 10mm (Fuente: Propia)

Con el contrachapado de 10mm se ha forrado la embarcación íntegramente. Pantoque, cubierta y costados.

- Dos tableros de contrachapado de Okumen de 2500 mm de largo, 1220 mm de ancho y 20 mm de grosor (Véase figura 97).



Figura 97 Vista tableros de Okumen 20mm (Fuente: Propia)

Con el contrachapado de 20mm de grosor se ha procedido al recorte de las cuadernas y refuerzos longitudinales de la cubierta, así como a la construcción del "suelo" de la bañera.

- Dos listones abeto rojo cepillado, de dimensiones: 2000mm de largo por 74 de ancho y 74 de grosor (Véase figura 98).



Figura 98 Vista tablonces de abeto para roda y codaste (Fuente: Propia)

Con estos dos listones se han sacado la roda y el codaste y todos los refuerzos de la embarcación.

Tanto los listones de pino como el contrachapado se han adquirido a través del Patí de Vela, que hizo la comanda a su proveedor habitual en la maderera Gabarro. Mientras que los dos listones de abeto se han adquirido en el Bauhaus.

Impresión de las plantillas:

Como se ha comentado en el apartado anterior se ha usado el programa AutoCAD para calcular el número de tableros de contrachapado okumen necesario para las cuadernas. Lo que se ha hecho a continuación ha sido aprovechar ese AutoCad e imprimirlo a escala 1/1 para poder sacar plantillas de todas las cuadernas de la embarcación (Véase figura 99).



Figura 99 Vista plantillas modelos recortadas (Fuente:

En este punto se inicia la construcción física de la embarcación, estos primeros pasos se llevan a cabo en las instalaciones del Patí de Vela Barcelona.

Traslado de las plantillas a los tableros y listones:

El siguiente paso ha sido plasmar las plantillas sobre el tablero de contrachapado (Véase figura 100). Esto se ha hecho a mano con la ayuda de material adhesivo para fijar la plantilla sobre el tablero y a continuación reseguirlas a lápiz con ayuda de reglas (Véase figura 101).



Figura 100 Vista colocación plantillas sobre tablero (Fuente: Propia) Figura 101 Vista cuadernas marcadas sobre tablero (Fuente: Propia)

Después de plasmar las cuadernas sobre los tableros se ha realizado la misma operación para la guía de formas y la quilla (Véase figura 102).



Figura 102 Vista de la guía de formas proyectada encima del listón (Fuente: Propia)

Recorte de plantillas de las cuadernas, quilla y guía de formas:

Una vez todas las plantillas han sido marcadas en las distintas maderas se procede a recortarlas. Esto se ha hecho mediante la sierra de calar en el caso de las cuadernas que están en los tableros (Véase figura 104).

Ha sido un proceso largo, ya que ha habido que tener mucho cuidado, pues se necesita mucha precisión para ajustarse a la línea y no comer más de la cuenta o por el contrario, comer menos, ya que esto implica luego un doble trabajo para pulir la pieza hasta la medida ideal.

En el caso de la quilla y la guía de formas se ha dado la forma a los listones de pino haciendo uso de la sierra de cinta, necesitándose de la misma precisión que con las cuadernas (Véase figura 103)

Además, con los listones de pino se ha tenido también que ajustar el grosor, pues el que traían de fábrica era muy grande y esto les daba demasiada rigidez a las maderas, de manera que no la podíamos moldear correctamente. Esto se ha hecho con la cepilladora de mesa, ajustándola a la medida deseada y con un par de pasadas. Finalmente nos hemos ajustamos bastante a las medidas idóneas y no ha sido necesario el uso exhaustivo del papel de lija ni del cepillo.

Aparte de estos recortes también ha sido necesario dar forma a la quilla mediante la fresadora, para conseguir el escalón angulado donde apoya el forro de pantoque, que va desde la quilla al trancanil (Véase figura 105).



Figura 103 Vista proceso de corte de la quilla mediante sierra de cinta (Fuente: Propia)



Figura 104 Vista proceso de corte cuadernas mediante caladora (Fuente: Propia)



Figura 105 Vista proceso de fresado rebaje quilla (Fuente: Propia)

Ajuste de cuadernas y guía de formas:

Una vez hemos tenido la guía de formas y todas las cuadernas, procedemos a encajar las segundas en la primera. Este proceso ha sido bastante laborioso, pues el encaje es muy justo y se debe lijar, con las limas de mano, poca a poco para no excederse (Véase figura 106).

Finalmente ha sido un éxito y encajan todas y cada una de las cuadernas y lo hacen a la perfección (Véase figura 107).



Figura 106 Vista proceso de encaje cuadernas (Fuente: Propia)



Figura 107 Vista cuadernas colocadas sobre quilla (Fuente: Propia)

Trancaniles:

La siguiente fase consiste en recortar el listón de pino restante, después de haber usado los otros dos en la quilla y la guía de formas. A este, al igual que los otros dos, también se le ha rebajado su grosor mediante la cepilladora de mesa (Véase figura 108).

El recorte de este listón ha consistido en sacar cuatro listones más pequeños para usarlos como trancaniles.

Este paso se pretendía hacer en las instalaciones del Patí inicialmente, pero no ha sido posible dado que la máquina se encuentra estropeada. Por ese motivo hemos trasladado el listón al espacio que dispone la facultad en el Port Vell, la NT3, donde hay una sierra circular.

La tarea se ha alargado más del esperado dado el mal estado de la máquina, pero finalmente se ha realizado con éxito y sin más inconvenientes.



Figura 108 Vista corte de los trancaniles mediante sierra circular (Fuente: Propia)

A partir de este punto decidimos trasladar la construcción al local de la Eixample Esquerra (Véase figura 109). En estos momentos el trabajo en el Patí es complicado a causa de los horarios de apertura de sus instalaciones y por el aumento de trabajo que se ha producido en la dársena.



Figura 109 Vista momento del traslado al taller de l'Eixample Esquerra (Fuente: Propia)

Armado de la estructura y refuerzos longitudinales y estructurales:

Después de realizar el traslado de todas las piezas, tarea nada fácil dadas las dimensiones de la quilla y la guía de formas (5,10 metros de longitud) se ha iniciado el armado de la estructura.

Este proceso se inicia con la colocación y fijación (mediante pequeños triángulos de madera previamente fabricados) de la guía de formas sobre dos caballetes de trabajo (Véase figura 110).



Figura 110 Vista sujeción guía de formas sobre caballete

A continuación se han colocado todas las cuadernas en sus respectivos puestos en la guía de formas.

Y una vez se tienen todas las cuadernas colocadas, fijamos la quilla sobre estas dándole antes una capa de cola *sikaflex* para conseguir una mayor fijación.

Para que se molden bien mojamos la quilla abundantemente y la dejamos al sol para seguidamente colocarla (previa aplicación del *sikaflex*) y fijarla en el punto deseado mediante sargentos. Se ha mojado en varias ocasiones hasta que ha cogido la forma correcta (Véase figura 111).

Todo y así decidimos añadir refuerzos estructurales entre la quilla y la guía de formas para asegurarnos de que la primer no se mueva en absoluto.



Figura 111 Vista proceso de fijación y mojado de la quilla sobre guía de formas (Fuente: Propia)

Seguidamente se ha procedido a fijar los trancaniles inferiores a la parte posterior de las cuadernas, en la cavidad que estas tienen para dicho fin.

Se repite la operación de mojado y secado al sol para moldear la madera. Una vez se ha tenido la curva deseada se fija de proa a popa con la ayuda de cinchas y sargentos además de con *sikaflex* (Véase figura 112). Los sargentos se han colocado en las juntas de las cuadernas con los trancaniles tanto verticalmente como longitudinalmente. Y una vez más y para dar solidez a la estructura se ha decidido usar refuerzos estructurales a ambos lados de las cuadernas con los trancaniles.

La siguiente operación ha sido colocar los trancaniles superiores. Este proceso ha sido idéntico al de los trancaniles inferiores pero en la parte superior de las cuadernas. Se han puesto los mismos refuerzos que en el caso anterior (Véase figura 113).



Figura 112 Vista colocación trancaniles inferiores y sujeción mediante tornillo y sikaflex (Fuente: Propia)



Figura 113 Vista colocación trancaniles superiores (Fuente: Propia)

Una vez la estructura esta firme y el *sikaflex* seco se ha procedido a girar la estructura para apoyarla en los caballetes por la parte de la quilla.

De esta manera se ha podido continuar con la fijación de los refuerzos de cubierta que van a popa y a proa de la embarcación en las zonas de la cubierta. Estos han sido calculados sobre la estructura existente para que encajen perfectamente.

Para ello hemos medido las distancias necesarias, para seguidamente plasmarlas sobre los sobrantes de contrachapado de 2000 mm y recortarlos con la sierra de calar. Este proceso se ha hecho cinco veces en la proa y otras cinco en la popa.

Para fijarlos se han usado sargentos y la cola *sikaflex*. Además, de nuevo, se ha decidido hacer uso de los refuerzos estructurales en todos los puntos de unión entre cuadernas y refuerzos longitudinales (Véase figura 114).

Hay que resaltar que en proa se han alargado los refuerzos centrales mínimamente hacia la bañera para hacer un pequeño soporte para el mástil. De todas maneras esto será explicado más detalladamente en el apartado de la arboladura.



Figura 114 Vista refuerzos de cubierta de proa y popa (Fuente: Propia)

Roda y Codaste:

Una vez armada la estructura se ha colocado la roda y el codaste. Estos dos elementos se construyen con listones de abeto. Para ello se han recortado cuatro piezas con la semiforma deseada, ya que por las medidas de los listones de abeto no ha sido posible hacerlas de una sola pieza. Posteriormente se han unido con varillas de madera a modo de espiche y se han fresado las piezas para crear un encaje que le otorga resistencia al conjunto. Finalmente se atornillaron a los trancaniles y las varengas aplicándoles antes cola *sikaflex* (Véase figura 115).



Figura 115 Vista roda de proa y popa (Fuente: Propia)

Refuerzo timón y refuerzo base del mástil:

El timón de diseño es un timón tipo pasante, es decir, está dentro de la estructura y atraviesa la embarcación del casco a la cubierta. Por este motivo se ha agujereado tanto la guía de formas como la quilla.

Para evitar problemas con la guía de formas, que es muy estrecha, se ha decidido añadir dos pequeños listones pegados con *sikaflex*, uno a cada lado de la guía, en el área donde pasa la mecha del timón para asegurar su resistencia. Para ello primero se ha rebajado un poco la altura de la guía de formas mediante la sierra circular y el formón.

Con la base del mástil se ha decidido proceder de la misma manera, pues se ha decidido montar un palo de 470, que tiene un sistema de pestaña que va fijo a una pieza de metal y necesita un área considerable para fijarse (Véase figura 116).

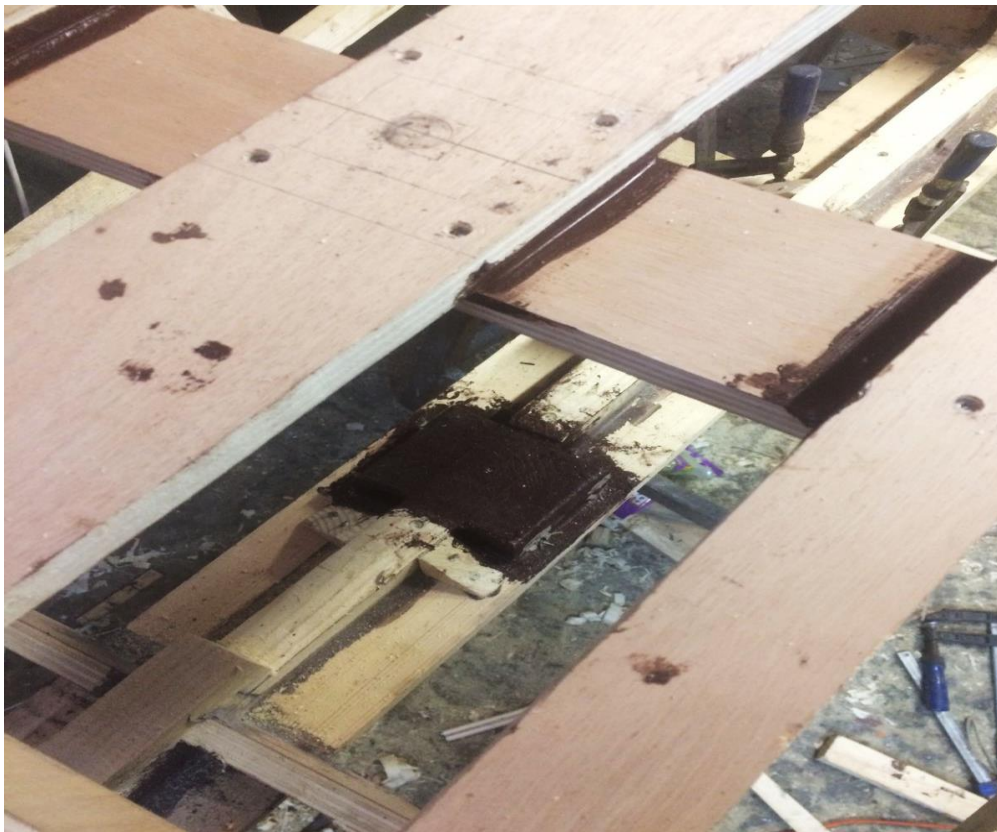


Figura 116 Vista detalle refuerzo alojamiento mecha del timón (Fuente: Propia)

Bañera:

El siguiente paso ha sido construir el "suelo" de la bañera. Esto se ha hecho con contrachapado de 2000 mm (marcado sobre la estructura existente y cortada con la sierra de calar), respetando la salida de la guía de formas. Para ello se ha construido el contorno fijado a la estructura mediante sikaflex y refuerzos estructurales. Mientras que el centro se ha hecho dividido en dos piezas móviles (Véase figura 117).

A continuación se ha puesto el contorno superior e inferior de la bañera a partir de listones de pino. Se ha hecho con sobrantes de los trancaniles. Para darles un acabado más redondo se les ha pasado la fresadora.

Para conseguir la forma deseada se ha repetido la operación de mojado y calor y la posterior fijación con *sikaflex* y sargentos hasta que la cola ha secado.



Figura 117 Vista bañera a tres niveles (Fuente: Propia)

La fabricación de la orza y el timón se ha realizado íntegramente en el taller de Tecnología Naval y mecánica de la FNB

Construcción Orza y Timón:

Esta fase se ha desarrollado simultáneamente a las otras fases, pues al ser independiente se ha podido trabajar en ella cuando han ido saliendo problemas que nos han impedido trabajar en la construcción de la embarcación en sí. Tanto la orza como el timón son los únicos elementos de la embarcación, aparte de la arboladura, que no son de madera.

Se han barajado varias opciones para su fabricación, pero finalmente se ha optado por hacerlas a partir de planchas de hierro.

Para ello se han encargado planchas con medidas predeterminadas según los planos, que posteriormente han sido soldadas con máquina de soldadura Mig-Mag para obtener el resultado final.

La **orza** se divide en cuatro elementos:

- Cuerpo: se ha encargado a medida con plancha de 60mm. Posteriormente se le han soldado dos refuerzos a cada banda (Br-Er), verticalmente, de pasamano de hierro negro de 6 mm para añadirle resistencia a la torsión (Véase figura 118).

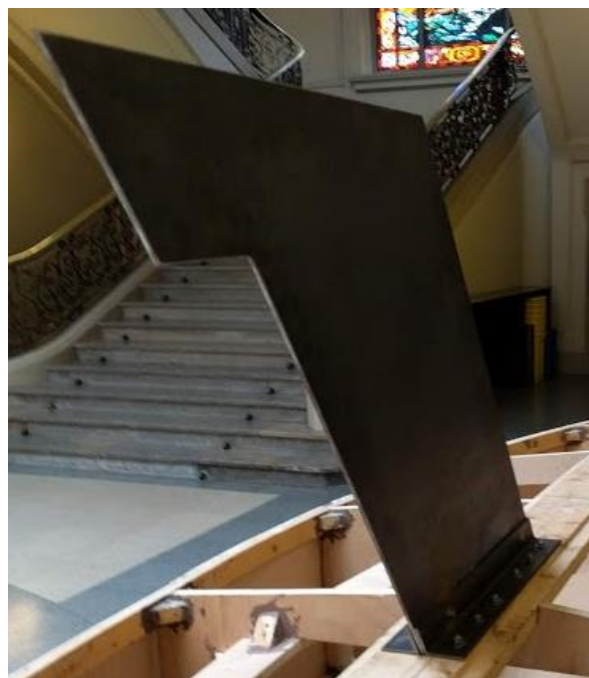


Figura 118 Vista cuerpo orza (Fuente: Propia)

- Lastre de babor: se ha encargado planchas de pasamano de hierro negro de 25 mm de grosor y 10 mm de anchura. Se han cortado a 320 mm en ángulo para mejorar la resistencia al avance. Seguidamente se ha agujereado todo el conjunto (cuerpo de la orza, lastre Br y lastre Er) de manera que se puedan pasar dos varillas que fijaran el conjunto con la ayuda de cuatro hembras (Véase figura 119).

Para hacer los agujeros se ha usado el taladro de columna. A continuación se han soldado entre sí con soldadura Mig-Mag hasta conseguir un bloque de 60mm (Véase figura 120).

- Lastre de estribor: Misma operación que con el lastre de babor.

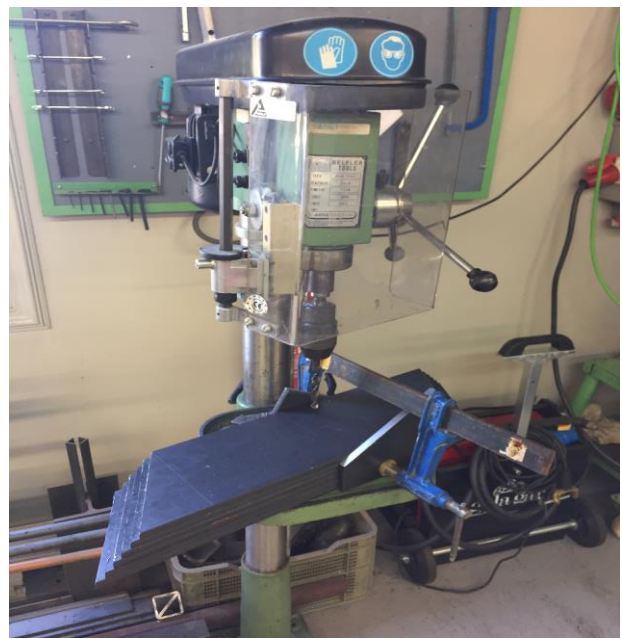


Figura 119 Vista preparación planchas de pasamano de hierro negro (Fuente: Propia)



Figura 120 Vista proceso de soldadura láminas lastre (Fuente: Propia)

- Enganches: se han comparado ángulos de 60 mm por 60 mm de hierro negro. Se han cortado dos a la medida de la orza para la parte inferior, mientras que para la parte superior se han cortado cuatro debido a que hay una cuaderna entre medio. De esta manera se han podido atornillar entre ellas y quedan bien sujetas a la quilla (Véase figura 121).



Figura 121 Vista detalle sujeción orza (Fuente: Propia)

Para la fabricación del timón se ha encargado una plancha de hierro con las medidas de los planos. Además se ha comprado una barra de hierro macizo al que se le ha hecho un pequeño corte en su sección por dentro de la barra (mecha). En este corte se le ha acoplado la pala del timón previamente encargada y se ha soldado con Mig-Mag. A continuación se ha lijado y se han hecho puntos de soldadura a toda la barra con el fin de templar el material y aumentarle la rigidez (Véase figura 122).



Figura 122 Vista timón (Fuente: Propia)

Una vez terminada la bañera se ha decidido trasladar la embarcación de vuelta a la dársena del Club Patí Vela para poder contar con las herramientas de la instalación así como del soporte técnico de sus trabajadores (Véase figura 123).



Figura 123 Vista traslado embarcación (Fuente: Propia)

Forro:

Una vez de vuelta en las instalaciones del Patí se ha iniciado el forrado de la embarcación. Para ello se han hecho cálculos para optimizar los tableros de Okumen de 10 mm.

Finalmente se ha decidido forrar los laterales de la embarcación en tres partes. El casco se ha hecho en dos partes estribor y dos partes más babor. Y finalmente las cubiertas se han hecho en dos partes la pro y dos más la popa.

Para obtener las medidas exactas se ha procedido a hacer secciones rectangulares con las medidas máximas a forrar. Estas secciones han sido recortadas con la sierra de cinta, acortando mucho el tiempo de trabajo respecto a la sierra de calar (Véase figura 124).

Una vez se tienen todas las secciones recortadas se ha procedido a fijarlas a la estructura.

Primero se han fijado las seis secciones de los laterales, tres por banda. Estas se fijan con *sikaflex* y tornillos siempre con la ayuda de los sargentos (Véase figura 125 y 126). Una vez seco el *sikaflex* se ha procedido a fresar la junta del forro con trancaniles para a continuación lijar con la pulidora y así conseguir un ajuste perfecto.

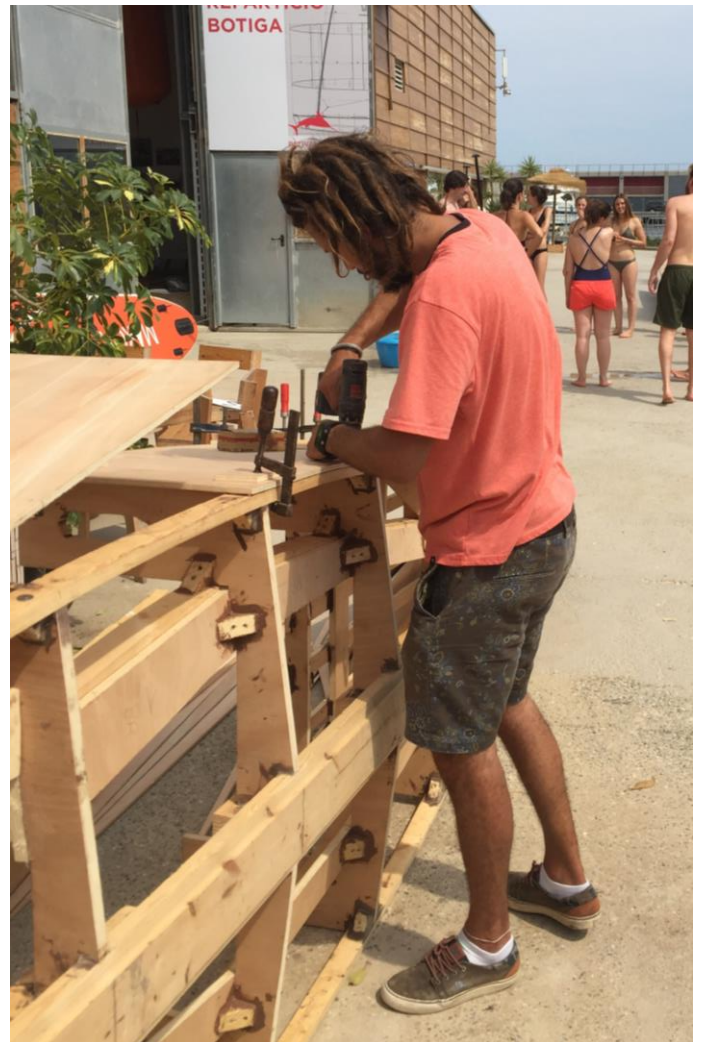


Figura 124 Vista proceso de corte forros laterales (Fuente: Propia)



Figura 125 Vista proceso fijación mediante sargentos (Fuente: Propia)



Figura 126 Vista fijación forro mediante tornillos (Fuente: Propia)

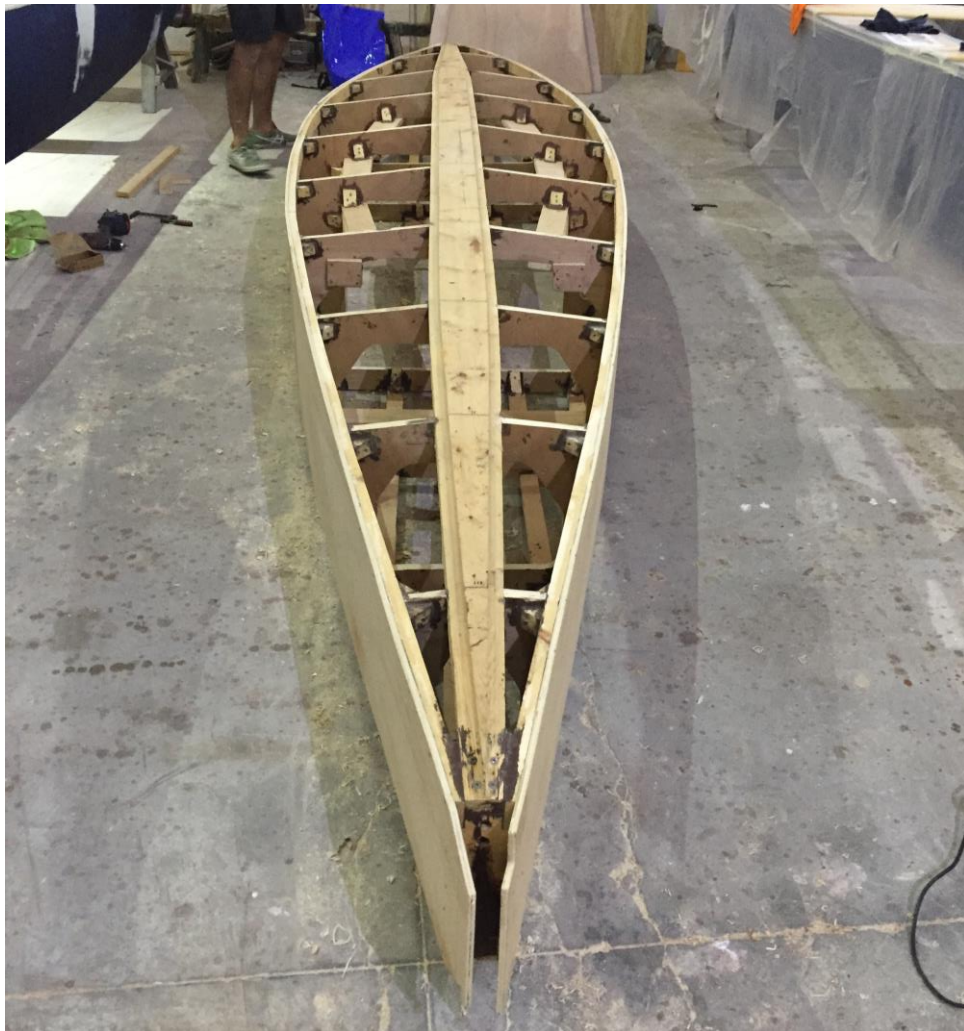


Figura 127 Vista embarcación con los forros laterales terminados (Fuente: Propia)

En este punto, por motivos laborales, nos hemos visto obligados a parar los trabajos. Es por eso que decidimos trasladar la embarcación una vez más para no molestar en las instalaciones del Patí, que con la llegada del verano se han visto desbordadas de gente y de trabajo.

Esta vez reubicamos la embarcación en el hall de la Facultad.

Para posteriormente y una vez acabados los compromisos laborales, trasladarla de nuevo. Esta vez a las nuevas instalaciones de la UPC en la Marina Vela, en el puerto de Barcelona.

Una vez instalados en las nuevas instalaciones se ha procedido a seguir con el forrado de la embarcación (Véase figura 128).

Se ha empezado por el casco repitiendo la misma operación que con los laterales. Pero esta vez al ser las secciones rectangulares y las formas a ajustar más curvas se ha recortado primero con la sierra de calar para posteriormente fresar los cantos y pulirlos con la pulidora (Véase figura 129).

Se ha conseguido un acabado perfecto.

A continuación se ha hecho lo mismo con el forro de la cubierta, que a diferencia de los otros va sobre los refuerzos longitudinales y por lo tanto ha sido mucho más sencillo de fijar (Véase figura 130).

Además se han cortado los forros laterales de la cubierta, es decir los que rodean la bañera. Esto se ha hecho siguiendo el mismo procedimiento.

Para finalizar el forrado se han puesto embellecedores alrededor de la bañera. Estos se han hecho con listones de pino siguiendo el procedimiento con sargentos.



Figura 128132 Vista embarcación en nuevas instalaciones (Fuente:



Figura 129 Vista proceso de forrado zona inferior (Fuente. Propia)



Figura 130 Vista forrado cubierta (Fuente. Propia)

Sellado y acabados:

Una vez se ha tenido el forro colocado procedemos a sellar la estructura para darle estanqueidad.

Para ello aplicamos resina *epoxy* con serrín, para darle más densidad, a las juntas entre la quilla y el forro. La aplicación se ha hecho en dos tandas, una de relleno y otra de acabado (Véase figura 131).

La aplicación se ha hecho mediante espátula.

A continuación, se han sellado las juntas entre forros: laterales-casco y laterales-cubierta.

En este caso se ha decidido hacerlo con masilla por razones de presupuesto, ya que esta es mucho más barata que la resina. La aplicación se ha hecho igualmente con espátulas (Véase figura 132).

El siguiente paso ha sido sellar los orificios de los tornillos, así como nivelar el conjunto de la estructura. Todo esto también con masilla. Las áreas niveladas han sido las intersecciones del forro de cubierta tanto a proa como a popa.

Una vez todas las juntas y agujeros sellados, así como las imperfecciones corregidas, se ha procedido a pulir toda la embarcación mediante la lija orbital (Véase figura 133).



Figura 131 Vista sellado quilla mediante resina epoxy (Fuente. Propia)



Figura 132 Vista sellada de juntas y orificios de tornillos (Fuente Propia)



Figura 133 Vista embarcación pulida (Fuente. Propia)

Colocación timón:

Una vez toda la embarcación sellada y nivelada se ha procedido a montar el timón. Para ello se ha agujereado la cubierta y la quilla con una corona (Véase figura 134).

Para que no entre agua por estos orificios se ha usado un tubo a través del que pasa la mecha del timón. Para cerrarlo se le ha hecho rosca en las dos extremidades del tubo y seguidamente se ha cerrado con una hembra. Para un sellado definitivo se ha aplicado *epoxi* entre el tubo y el refuerzo anteriormente colocado en la zona de la quilla-guía de formas.

Para mantener el timón a la altura óptima se ha colocado un pasador en la mecha del timón previamente agujereado con el taladro de columna. También se ha hecho un agujero en la parte superior de la mecha por donde se ha introducido un pasador que sujeta la caña del timón, esta ha sido reciclada de otra embarcación.



Figura 134 Vista detalle mecha del timón (Fuente: Propia)

En este punto se ha decidido trasladar de nuevo la construcción al Patí de Vela para poder contar con las máquinas y el soporte técnico de cara a montar el aparejo de la embarcación.

Falsa roda y falso codaste:

Una vez en el Patí se han fabricado la falsa roda y el falso codaste. Ambos mediante dos piezas de listón de abeto. Para ello se han utilizado la sierra de cinta y la cepilladora de mesa. La unión se ha hecho mediante resina *epoxy* y sargentos (Véase figura 135). Una vez seca la unión, se ha procedido a fijar la falsa roda y el falso codaste a la roda y codaste estructurales. Esto se ha hecho también mediante resina *epoxy* y tornillos.

A continuación se ha aplicado masilla a la junta de la roda-forro y codaste-roda para seguidamente lijarlo y dejar un acabado perfecto.



Figura 135 Vista falsa roda de proa y falso codaste (Fuente: Propia)

Pintura y barniz:

En este punto ya acabada toda la estructura de la embarcación, es decir que se ha terminado con la construcción en sí. Por lo tanto, se ha procedido con los acabados estéticos.

Estos acabados estéticos se ha decidido que sean pintura y barniz. Primeramente, se ha aplicado una capa de imprimación (Véase figura 136). Una vez seca se ha raspado con esponja para abrir el poro. El siguiente paso ha sido marcar con cinta de carroceros para tener el dibujo deseado (Véase figura 137). A continuación, se ha aplicado el barniz en las zonas donde se quería tener la madera vista y la pintura roja en las zonas de juntas y tornillos para esconder las imperfecciones. Finalmente, se le ha pintado una línea verde por banda por razones estéticas.



Figura 136 Viste cubierta con tapa poros (Fuente: Propia)



Figura 137 Vista encintada y posterior pintada (Fuente: Propia)

Colocación de la Orza:

Aunque en este punto la orza ya ha sido probada no se había fijó todavía. Para fijarlo se atornillan los ángulos haciendo pinza sobre la quilla y se selló todo con *sikafle* (Véase figura 138).



Figura 138 Vista embarcación con orza colocada (Fuente: Propia)

Arboladura:

En este punto se han acabado los trabajos de taller. Únicamente queda montar la jarcia y la maniobra. Recordemos que el aparejo completo se ha reciclado de un 470, así como las velas y maniobra.

Esta fase se ha iniciado con la colocación de la pestaña del mástil en la base construida para ello en la guía de formas – quilla con 4 tornillos. A continuación, se ha subido el mástil y se ha calculado dónde "caen" los obenques y el *estay* para fijar los enganches de todos mediante tornillos. Una vez el palo fijo se han montado las poleas para reenviar la escota de la mayor y esta trabaje correctamente.

Finalmente se ha montado la maniobra completa: escota de la mayor, pajarín, cunningham y la contra de la mayor (Véase figura 139)

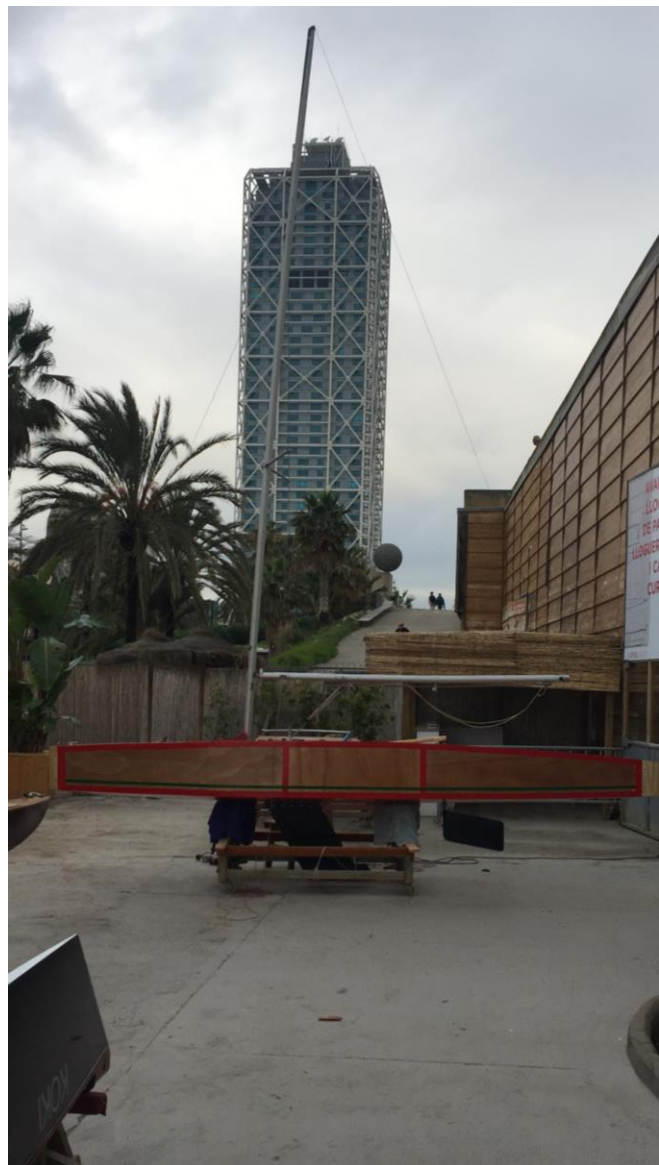


Figura 139 Vista embarcación con arboladura montada (Fuente: Propia)

Vinilos:

El último paso de la fase constructiva ha sido la colocación del nombre de la embarcación (· XERMA ·) además del año de fundación de la facultad (1769) y sus siglas (FNB) (Véase figura 140)

Estos vinilos fueron previamente encargados a una imprenta especializada.



Figura 140 Vista embarcación con vinilos (Fuente: Propia)

5. BOTADURA

La botadura de la embarcación se divide en dos fases. La botadura inicial y la botadura oficial.

Botadura Inicial:

La botadura inicial se ha realizado en la playa de Somorrostro al lado de las instalaciones del Patí. Para ello se traslada la embarcación a peso, colocando dos listones debajo de la misma. A continuación, se vara en la arena y se empuja hasta que flota por si sola.



Figura 141 Vista traslado de la embarcación a peso (Fuente: Propia)



Figura 142 Vista varada embarcación (Fuente: Propia)



Figura 143 Vista varada embarcación 2(Fuente: Propia)

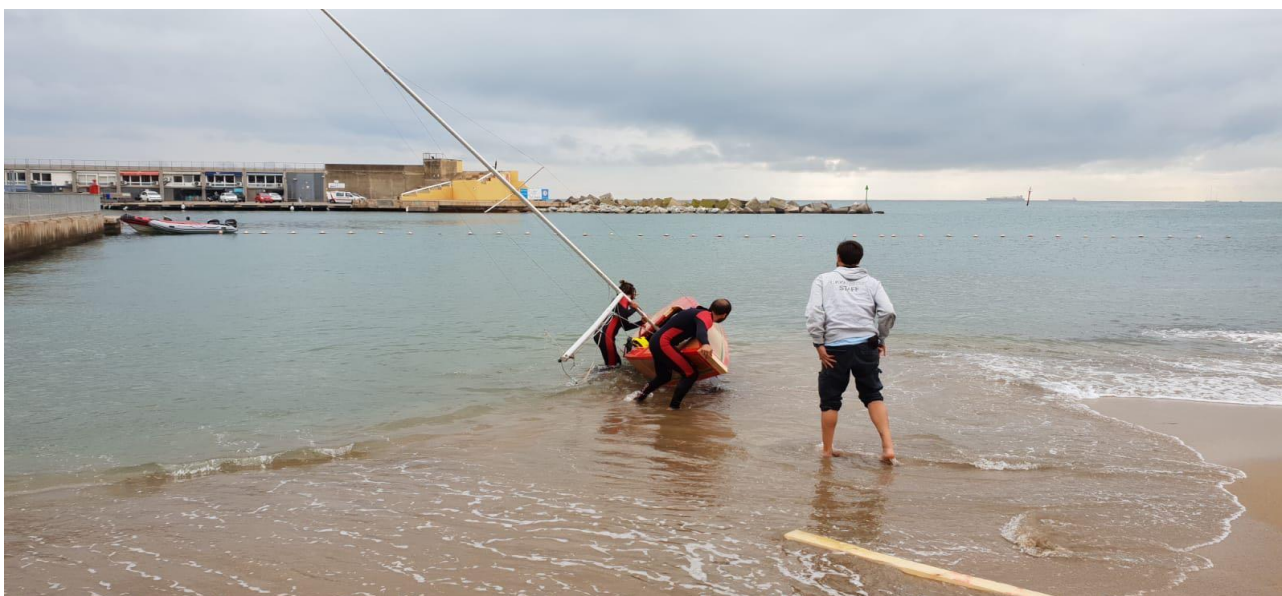


Figura 144 Vista varada embarcación 3 (Fuente: Propia)

Una vez en el agua se monta la vela y se navega con la embarcación en dirección a las instalaciones de Marina Vela. Por falta de viento al poco rato se decide remolcar la embarcación. Una vez allí se ha sacado del agua con ayuda de la grúa de la cruz roja y se ha guardado dentro del hangar.



Figura 145 Vista embarcación con la vela arriba (Fuente: Propia)

Botadura Oficial:

El viernes 30 de diciembre se ha procedido a la botadura oficial. Con la presencia del personal de Comunicación de la UPC, el profesor Jordi Matéu, el decano de la Facultad Agustí Martín y nuestro tutor de proyecto Sergio Velásquez además del becario de vela de la facultad, Marc Nicolás.

Se ha puesto y sacado la embarcación del agua con la ayuda de la grúa.

La navegación ha sido todo un éxito y así se ha concluido con el proyecto.



Figura 146 Vista de la embarcación en la grúa (Fuente: propia)



Figura 147 Vista montaje de la jarcia (Fuente: Propia)



Figura 147 Vista jarcia montada (Fuente: Propia)



Figura 148 Vista navegación 1 (Fuente: Propia)



Figura 149 Vista navegación 2 (Fuente: Propia)



Figura 150 Vista Foto de grupo Sergio Velásquez, Eloy Edo, Agustí Martin y Jordi Matéu (Fuente: Propia)

6. CONCLUSIONES

El proyecto de recuperación de una embarcación a vela clásica ha contemplado el desarrollo de varios proyectos diferentes en uno solo. Se han actualizado los modelos y planos originales en 2D y 3D utilizando unos planos que existían únicamente en papel y con el proceso añadido de realizar los estudios de estabilidad del modelo original y hacer un estudio de viabilidad comercial ante una eventual continuidad del proyecto desde una perspectiva empresarial.

El objetivo original del trabajo consistía en construir una embarcación de madera desde cero y poder navegar en ella. Dicho objetivo se ha alcanzado con éxito. Se ha documentado suficientemente que las prestaciones planificadas para la embarcación se han alcanzado, consiguiendo que el bote navegue de forma eficiente y segura. Es una embarcación rápida, estable y tiene una gran maniobrabilidad.

Los objetivos del proyecto se han logrado resolviendo diversas problemáticas que han ido apareciendo a lo largo del proceso y esto ha permitido documentar de manera muy concreta lo que supone la construcción naval tanto a nivel técnico, de gestión, logística como de optimización de recursos materiales y humanos.

Los resultados obtenidos permiten concluir que es posible pasar de la fase de diseño de embarcaciones de esloras pequeñas, modulares y funcionales a su construcción y potencial comercialización. Tanto por el resultado final como por los conocimientos que se han podido adquirir, esta experiencia ha servido para sembrar un precedente en la aplicación práctica del Grado en Ingeniería en Sistemas y Tecnología Naval de la UPC. De igual manera, los estudiantes implicados en este proyecto expresan el alto grado de satisfacción al conseguir una aplicación práctica de los años de estudio invertidos en la universidad con un resultado tangible como es la embarcación que ahora se puede observar en toda su dimensión.

Con el resultado y producto final, se ha podido demostrar la aplicabilidad de los estudios y conocimiento adquirido en dicho grado. Gran parte de estos resultados de aprendizaje aplicado es la capacidad adquirida en la toma de decisiones de carácter técnico que han facilitado la resolución de problemas constructivos y ahorrando tiempo de manera que el proyecto se ha podido concluir de manera exitosa.

Por otro lado, se ha podido demostrar que es posible diseñar y fabricar embarcaciones de esloras pequeñas y para usos específicos, con un bajo coste y aplicando técnicas constructivas sobre materiales de fácil adquisición, maquinabilidad y disposición con un bajo coste medioambiental ya que son materiales compuestos de tipo natural, maderas, contrachapados y metales que no producen mayores emisiones contaminantes durante el proceso de fabricación.

Finalmente, este proyecto sienta las bases para una posible salida comercial a productos diseñados por estudiantes de nuestra escuela siguiendo unas cuantas pautas documentadas en esta memoria del TFG.

7. BIBLIOGRAFIA

Bibliografía:

- [1] Manual "Boat Builder's Handbook" Missile. C.T Allen. Edición 1957. pag.16- 29

- [2] Manual "Boatbuilder's Handbook" Cat'sPaw. Edición 1978 pág. 57-65

- [3] Manual "Boat Builder's Annual " Project No.76 Dart. Pag. 129 – 133

- [4] Plano "Yacht olimpijskiej klasy DRAGON" 21.09.1971 J.Roszkowska

- [5] Manual "Craft Print Project" Project No.30 Falcon pág. 20 – 24

- [6] Manual Boat Bulider's Handbook" SECTION IV-Sailboats and Special Purpose Boats. Manu.
Pag. 126 139-

Web grafía:

- [1] Métodos de construcción del Bote a remo - Web consultada 15/11/2018:
[https://wiki.ead.pucv.cl/Métodos de construcción del Bote a remo](https://wiki.ead.pucv.cl/Métodos_de_construcción_del_Bote_a_remo)
- [2] Precio embarcaciones de vela ligera 470 segundamano - Web consultada 05/12/2018:
<https://www.cosasdebarcos.com/>
- [3] Precio embarcaciones de vela ligera Hobie Cat segundamano - Web consultada 05/12/2018:
<https://www.topbarcos.com/>
- [4] Precio embarcaciones de vela ligera Patí Català - Web consultada 05/12/2018:
Logo Club Patí Vela Barcelona - Web consultada el 04/12/2018
<http://www.pativelabarcelona.com/>
- [5] ¿Cómo hacer un estudio de mercado?- Web consultada el 04/12/2018: <https://www.emprendedores.es/crear-una-empresa/a76681/como-hacer-un-estudio-de-mercado/>
- [6] Logo MMB - Web consultada el 04/12/2018:
<http://mmb.cat/es/>
- [7] Logo Salón Náutico de Barcelona - Web consultada el 04/12/2018:
<http://www.salonnautico.com/>
- [8] Logo FNB - Web consultada el 04/12/2018:
<https://www.fnb.upc.edu/>
- [9] Fotografías herramientas - Web consultada el 04/12/2018:
<http://www.leroymerlin.es/>
- [10] Logo Clúster Náutico de Barcelona - Web consultada el 04/12/2018:
<http://www.barcelonaclusternautic.cat/es>

ANNEXO 1: LISTADO DE MATERIALES

PROVEEDOR MATERIAL UNIDADES PRECIO

CASTELLS VILASECA#1			
	Pasamano 15	84 kg	84
	Redondo 20	3 kg	3
	Pasamano 60	8 kg	8
	Angular 50x5	10 Kg	11
	Corte a medi	7 ud	6,6
	Disco de cort	2 ud	3,6
	IMPORTE NETO	116,2	
	IVA 21%	24,4	
	TOTAL:	140,6	

CASTELLS VILASECA#2			
	Tubo Redond	0,7	1,33
	Cortar a med	1	0,6
	IMPORTE NETO	1,93	
	IVA 21%	0,41	
	TOTAL:	2,34	

NÚRIA CASTERÀ			
	Quilla	plancha 6mm	
	Pala timón	plancha 3mm	
	IMPORTE NETO	113	
	IVA 21%	23,73	
	TOTAL:	136,73	

PATI DE VELA#1			
	Tablero Okun	2 ud	
	Tablero Okun	6 ud	
	Tablon Pino 5	2 ud	
	IMPORTE NETO	334,89	1,95
	IVA 21%	89,02	
	PREU DEL SEF	3,95	
	TOTAL:	427,86	

PATI DE VELA#2			
	Tablero Okun	2ud	
	Cadenado ter	2ud	48,4
	IMPORTE NETO:		
	IVA 21%		

	PREU DEL SEF	3,95		
	TOTAL:	207,5		

BAUHAUS #1				
		Disco Corte	1 ud	14,95
	IMPORTE NET	1,61		
	IVA 21%	0,34		
	TOTAL:	1,95		

BAUHAUS #2				
		Sikaflex marr	1 ud	14,95
	IMPORTE NET	12,36		2,09
	IVA 21%	2,59		
	TOTAL:	14,95		

BAUHAUS #3				
		Sikaflex marr	1 ud	
		Tornillo made	0,058 kg	11,95
	IMPORTE NET	14,08		
	IVA 21%	2,96		
	TOTAL:	17,04		

BAUHAUS #4				
		Tornillo made	1 caja	1,55
	IMPORTE NET	9,88		11,95
	IVA 21%	2,07		2,25
	TOTAL:	11,95		

BAUHAUS #5				
		Tornillo made	0,036 kg	
		Tornillo made	1 caja	
		Espiga mader	1 ud	2,86
	IMPORTE NET	13,02		
	IVA 21%	2,73		
	TOTAL:	15,75		

BAUHAUS #6				
		Tornillo made	0,052 kg	2,86
	IMPORTE NET	2,36		
	IVA 21%	0,5		

	TOTAL:	2,86		
--	--------	------	--	--

BAUHAUS #7				
		Tornillo made	0,052 kg	3,13
		Tornillo made	0,058 kg	2,88
		Tornillo made	0,080 kg	1,79
		Tornillo made	0,046 kg	3,04
		Tornillo made	0,076 kg	9,95
		Liston sin pul	1 ud	3,45
		Espiga mader	1 ud	29,9
	IMPORTE NET	22,4		1,99
	IVA 21%	4,7		
	TOTAL:	27,1		

BAUHAUS #8				
		Sikaflex marr	2 ud	
		Pistola silicon	1 ud	10,32
	IMPORTE NET	26,36		
	IVA 21%	5,53		
	TOTAL:	31,89		

BAUHAUS #9				
		Sikaflex marr	1 ud	14,95
	IMPORTE NET	12,36		
	IVA 21%	2,59		
	TOTAL:	14,95		

BAUHAUS #10				
		Listón sin pul	1ud	14,95
	IMPORTE NET	12,36		
	IVA 21%	2,59		
	TOTAL:	14,95		

BAUHAUS #11				
		Tornillo made	1ud	11,95
		Sikaflex Marr	1ud	14,95
	IMPORTE NET	22,23		
	IVA 21%	4,67		
	TOTAL:	26,9		

BAUHAUS #12			
	Lija G.60 excc	1ud	5,99
	IMPORTE NET	4,95	
	IVA 21%	1,04	
	TOTAL:	5,99	

BAUHAUS #13			
	Tuerca hexag	0,116Kg	11
	Cinta de pint	1ud	4,75
	Tornillo de ro	20ud	0,25
	Paletina dobl	2ud	1,1
	Titanlux esm	1ud	8,85
	Titanlux esm	2ud	12,95
	IMPORTE NET	39,65	
	IVA 21%	8,33	
	TOTAL:	47,98	

PLATAFORMA DE			
	LA CONSTRUCCIÓ	Sikaflex -11	2 ud
	IMPORTE NET	10,32	
	IVA 21%	2,17	
	TOTAL:	12,49	

BASAR ANGEL			
	Puntas torx	2 ud	3,4
	IMPORTE NET	1,9	
	IVA 21%	0,5	
	TOTAL:	2,4	

FERRETERIA PROVENÇA			
	Arandelas inc	2 ud	
	IMPORTE NET	2,81	
	IVA 21%	0,59	
	TOTAL:	3,4	

DROGUERIA FERRETERIA SEBASTIA			
	Cinta krepp 5	1ud	2,98
	IMPORTE NETO:		
	IVA 21%		
	TOTAL:	2,98	

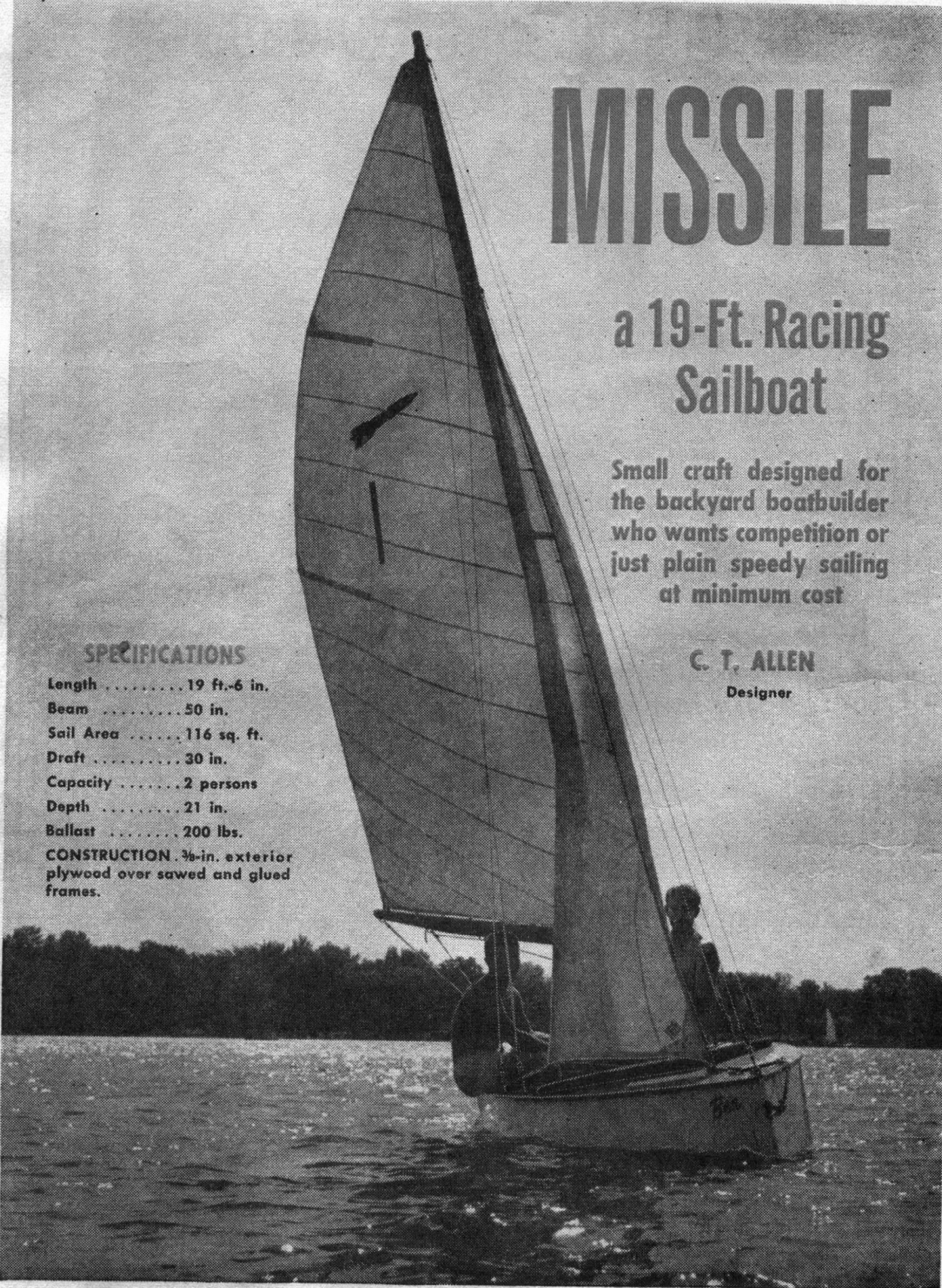
DIGITAL COPY SHOP S.C.P				
		Vinils Tall	1ud	11,98
	IMPORTE NET	11,98		
	IVA 21%	2,52		
	TOTAL:	14,5		

TOTAL MATERIALES: 1185,06 euros

ANNEXO 2: PLANOS ORIGINALES MISSILE

16

BOAT BUILDER'S HANDBOOK



MISSILE

a 19-Ft. Racing Sailboat

Small craft designed for the backyard boatbuilder who wants competition or just plain speedy sailing at minimum cost

C. T. ALLEN
Designer

SPECIFICATIONS

Length 19 ft.-6 in.
Beam 50 in.
Sail Area 116 sq. ft.
Draft 30 in.
Capacity 2 persons
Depth 21 in.
Ballast 200 lbs.

CONSTRUCTION 3/8-in. exterior plywood over sawed and glued frames.

MISSILE is designed to be the first boat around the finishing buoy, regardless of the competition or varying wind conditions. To do this consistently, the underwater hull design has been chosen to give maximum speed and maneuverability. And, because top speed and close maneuvering each depend on your boat's ability to hang on the wind and be stable at any angle of heel, a fin keel was used.

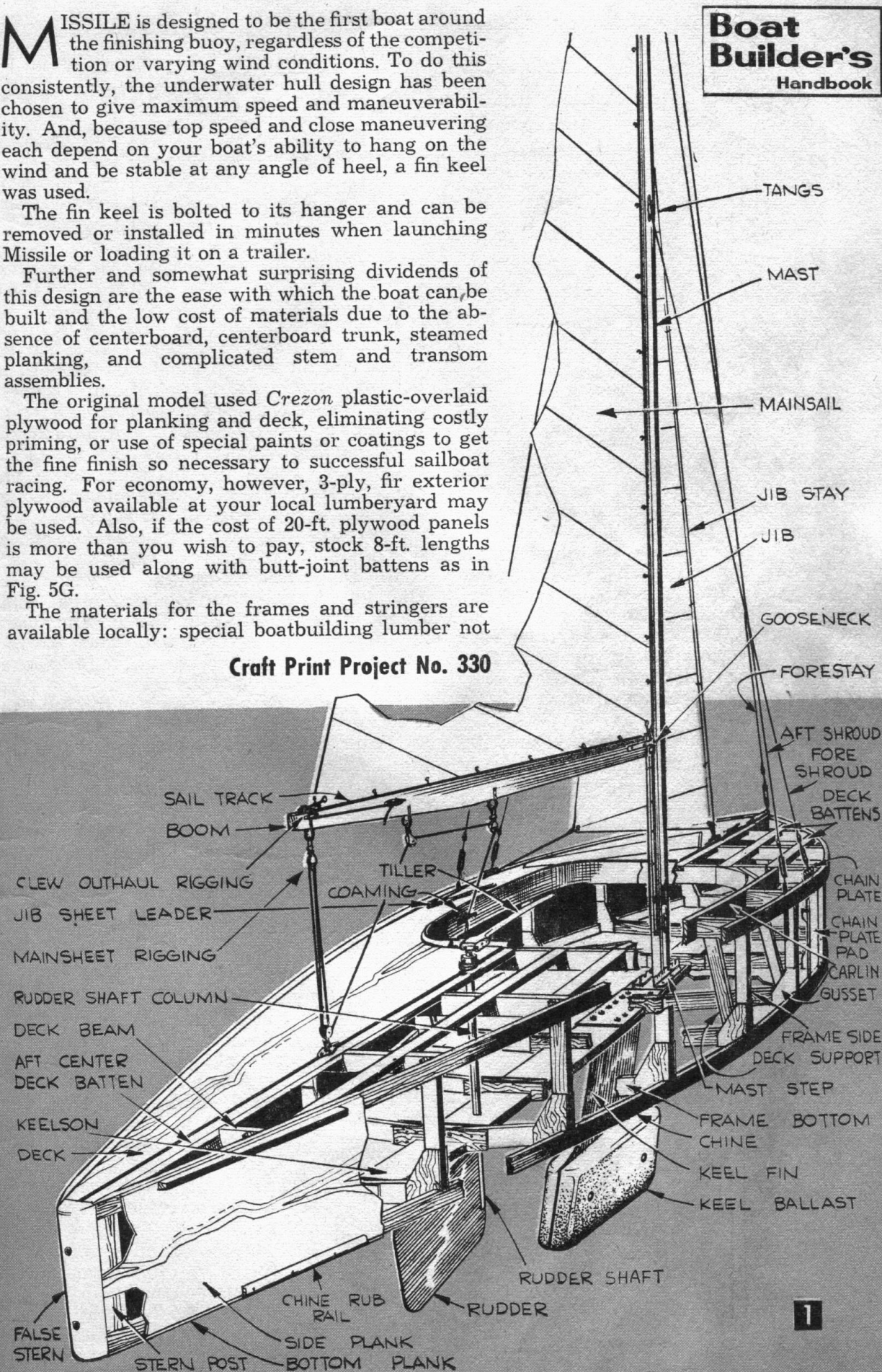
The fin keel is bolted to its hanger and can be removed or installed in minutes when launching Missile or loading it on a trailer.

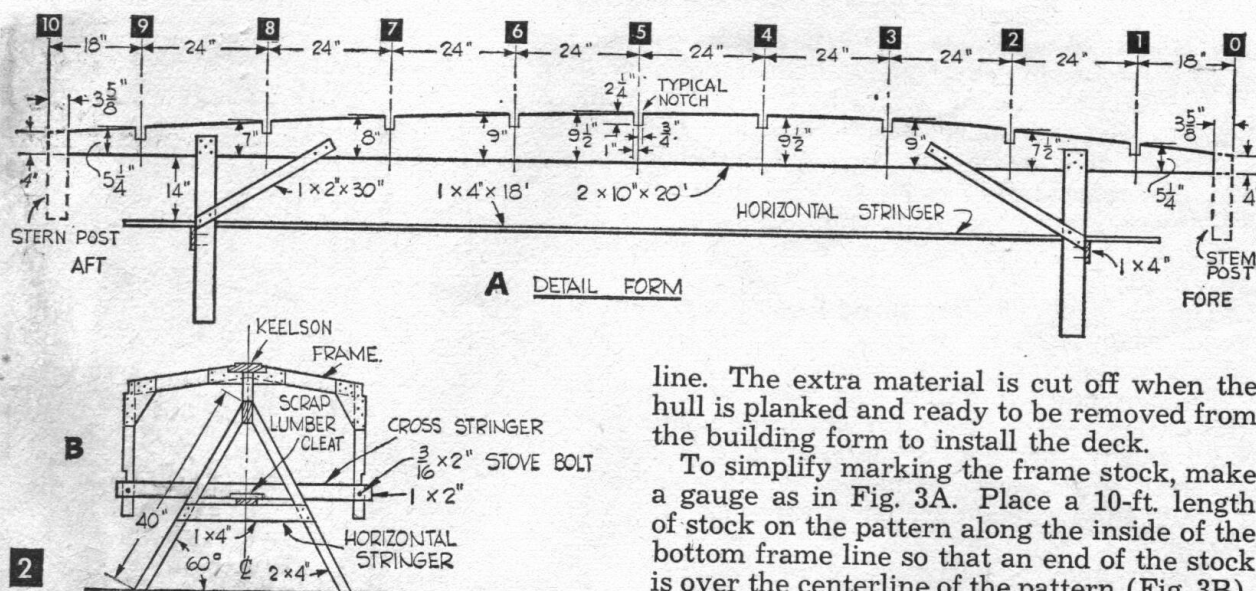
Further and somewhat surprising dividends of this design are the ease with which the boat can be built and the low cost of materials due to the absence of centerboard, centerboard trunk, steamed planking, and complicated stem and transom assemblies.

The original model used Crezon plastic-overlaid plywood for planking and deck, eliminating costly priming, or use of special paints or coatings to get the fine finish so necessary to successful sailboat racing. For economy, however, 3-ply, fir exterior plywood available at your local lumberyard may be used. Also, if the cost of 20-ft. plywood panels is more than you wish to pay, stock 8-ft. lengths may be used along with butt-joint battens as in Fig. 5G.

The materials for the frames and stringers are available locally: special boatbuilding lumber not

Craft Print Project No. 330





being required. Galvanized fastenings and fittings were used where possible, but for salt-water use bronze fittings and bronze or monel fastenings should be substituted.

The sails can be made according to the specifications in Fig. 16, using 4-oz. Egyptian cotton or Wamsutta sail cloth. They can, however, be purchased on order from the Alan-Clarke Co., 75 Chambers St., New York 7, N. Y., who will duplicate the sails they made for the original boat. Include a copy of the sail plan (Fig. 16) or mention this article when ordering.

Frames. Start construction by drawing full-size patterns of each frame on heavy wrapping paper, using the dimensions in Fig. 4. All dimensions are given from base lines or vertical centerlines which should be drawn in first. To simplify setting up the frames on the building form (Fig. 2), the side members of each frame extend 12 in. beyond the sheer

line. The extra material is cut off when the hull is planked and ready to be removed from the building form to install the deck.

To simplify marking the frame stock, make a gauge as in Fig. 3A. Place a 10-ft. length of stock on the pattern along the inside of the bottom frame line so that an end of the stock is over the centerline of the pattern (Fig. 3B). Use the correct size stock for the bottom and side frame members and allow for the 12-in. extensions. Place the marking gauge on the left side of the centerline and mark the stock at the right edge of the gauge.

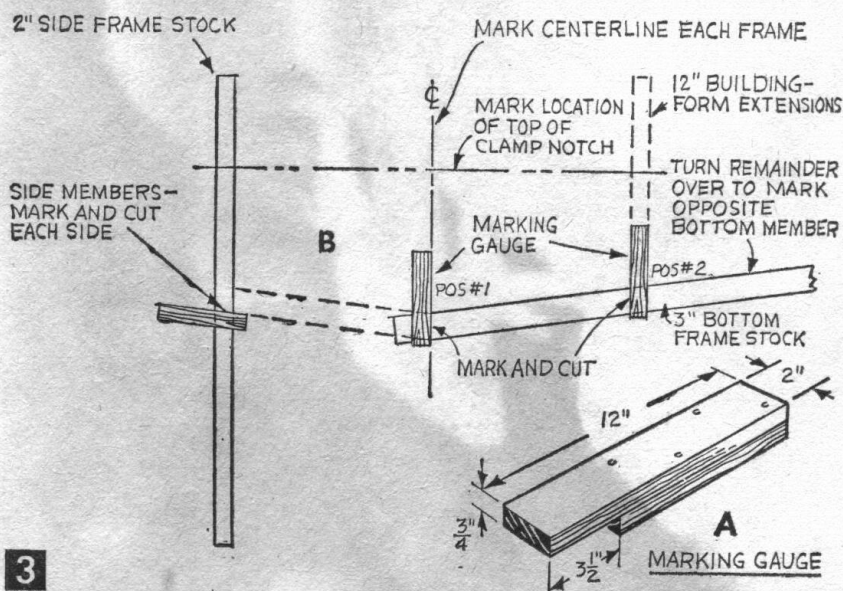
Next place the gauge along the inside of the side frame line and mark the stock on the side of the gauge nearest the pattern centerline. This last mark determines the angle and length of the bottom framepiece. The stock may now be cut at the marks. Turn the remaining piece over and repeat the procedure for the opposite side of the frame.

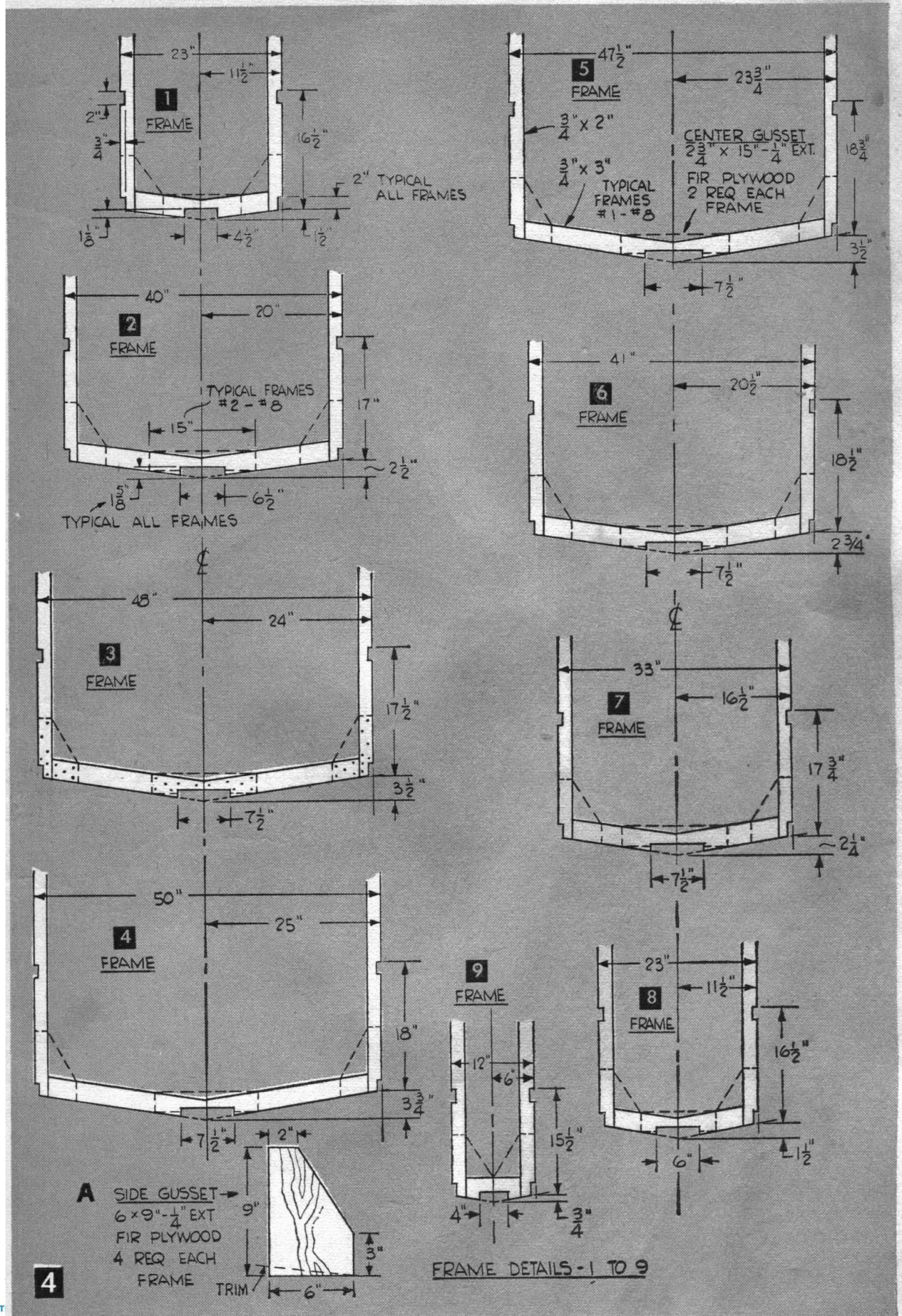
Place the four frame pieces on the full-size drawing to mark the locations of the tops of the clamp notches (sheer line) and the end of the 12-in. extensions.

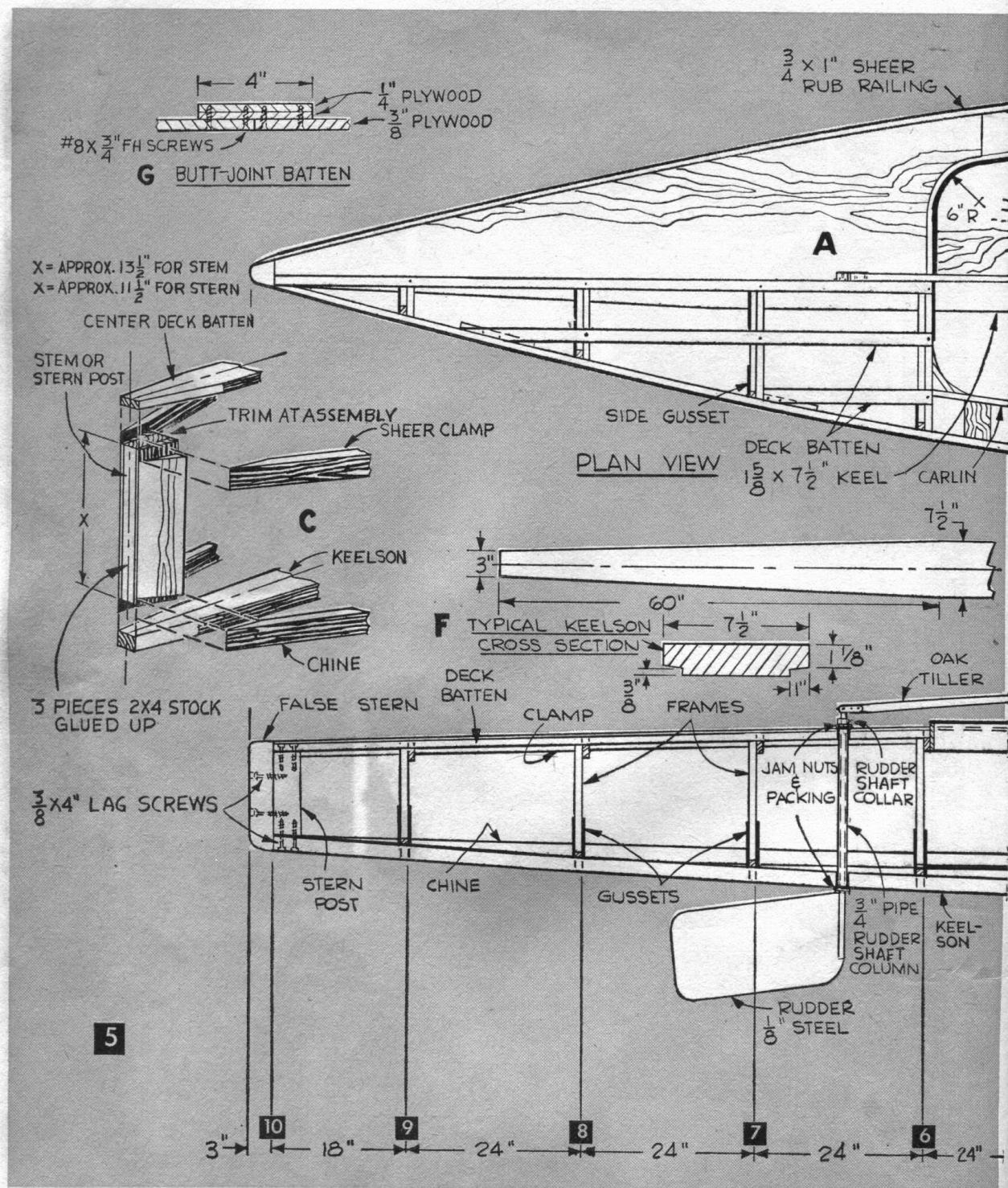
Next lay out a cardboard template of the gussets (Fig. 4) and trace this on 1/4-in. plywood to make four of these for each frame or 36 gussets in all. Assemble the frame members with the gussets, using the full-size drawings as an alignment guide. Use Weldwood or Elmer's waterproof glue and seven #8 x 3/4-in. (galvanized) fh screws or the same number of #0 x 1-in. Stronghold nails spaced as indicated in Fig. 4 so they do not interfere with cutting the chine or clamp notches.

Also mark the centerlines on the gussets of each frame to aid in setting up the framework on the building form. If you intend to use this boat in salt water, use bronze screws or Anchorfast monel nails.

Assemble all nine frames, following this procedure. When the glue has dried, lay out and cut the clamp, chine, and keelson notches, using a 5- or 6-in. piece of stock to





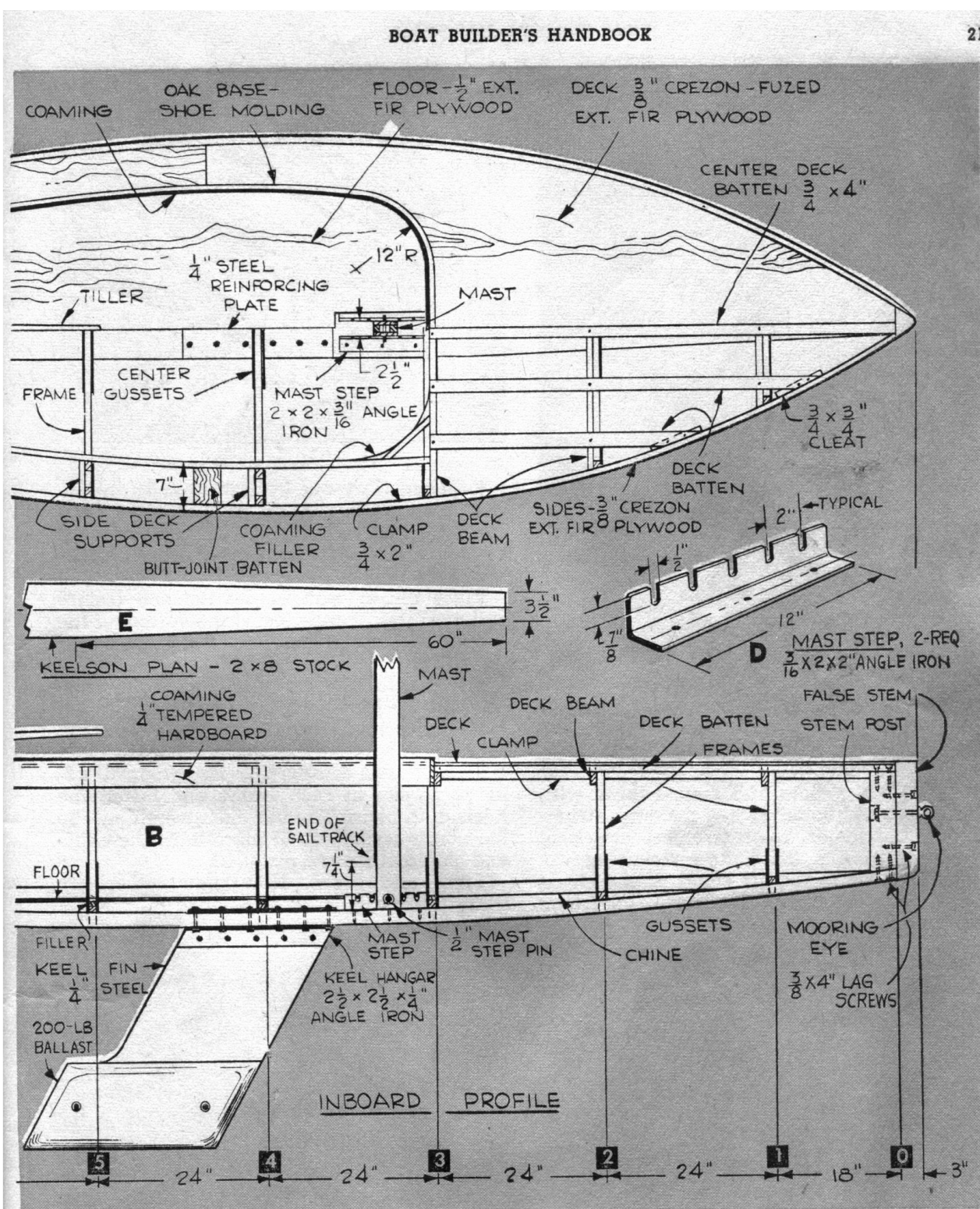


check each notch and be sure the part will fit flush in the notch.

Building Form. To keep the frame parts in alignment during construction, the hull is built upside down on a form of 2 x 10 stock that has been shaped and notched as in Fig. 2A. New or used lumber can be used for the form just as long as it is not warped. Note that the notches in the form are cut wider than the actual frame thicknesses to allow for

wedging the frames securely in the form. Wooden shingles make excellent wedges here and, when the hull is completed, these wedges can be knocked out and the hull lifted from the form.

After shaping the form, cut and attach the 2 x 4 legs as in Fig. 2, anchoring the legs to the floor with lag screws driven through 2 x 2 stock bolted at the lower ends. If the boat is being built out of doors, anchor the legs of the

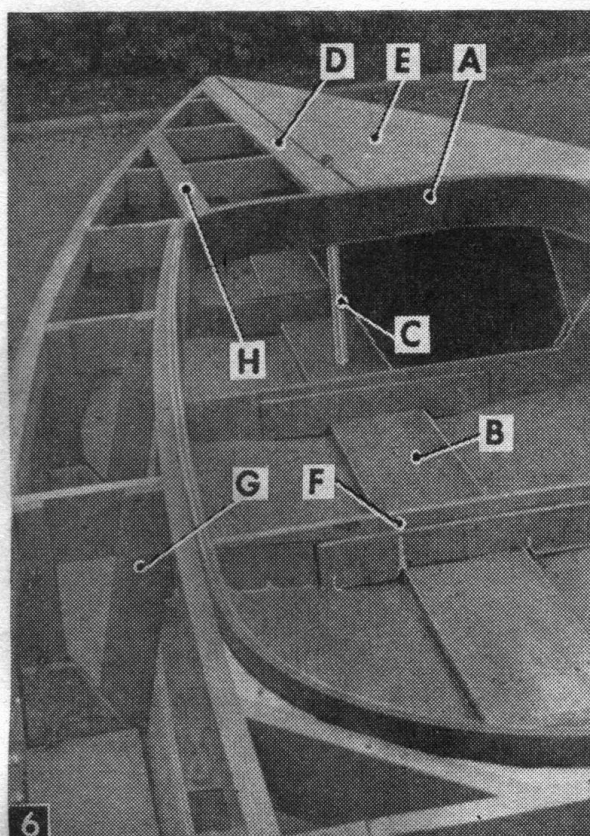


form to stakes driven into the ground. In either case, be sure the form is level and plumb.

Framework Assembly. You are now ready to assemble the framework. Mark the centerline on each frame and at each notch on the building form (Fig. 7). Then set the frames in place and drive shingle wedges from each side forward of the bottom framepieces, forcing them tightly against the aft edges of the

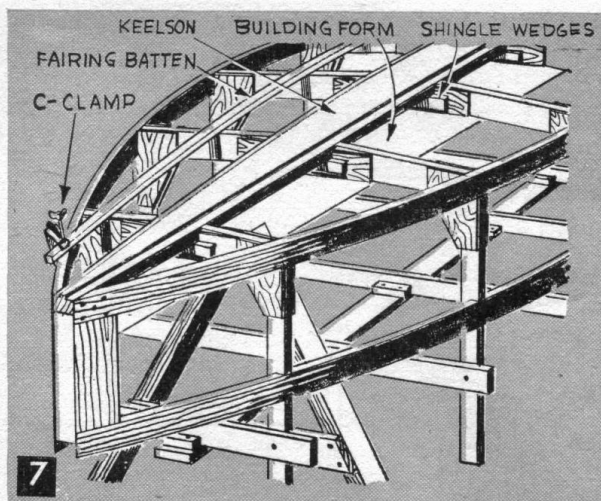
notches. Clamp the $\frac{3}{4}$ x 3-in. cross stringers (Fig. 2B) to the longitudinal stringer and then clamp the side members of each frame to the cross stringers.

The vertical distances from the chine notches to the cross stringer should be the same on both sides. If not, loosen the clamps and tap the high side down to make both sides equal. While the clamps are still in place, drill $\frac{7}{32}$ -in. holes through the stringers and



A) coaming; B) keelson; C) rudder column; D) center deck batten; E) deck; F) tapered floor beams; G) deck supports; and H) side deck battens.

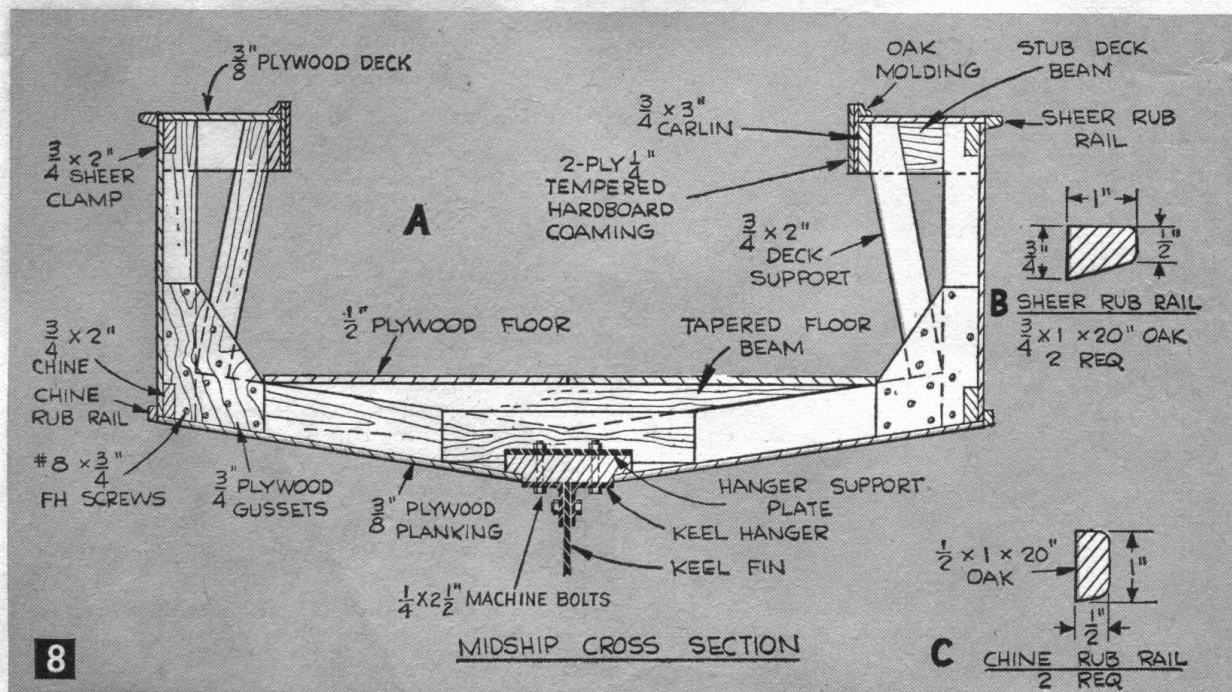
frame side members and secure these with $\frac{1}{4} \times 2$ -in. stove bolts. Fasten the cross stringers to the longitudinal stringer, attaching cleats as in Fig. 2A before removing the clamps. Be sure the aft edges of the cleats are directly below the aft edges of the frame notches.



Keelson. Lay out keelson next as in Fig. 5E. Saw to within $\frac{1}{16}$ in. of the layout lines and rabbet as in Fig. 5. The beveling can best be done after the keelson has been assembled to the frames.

Place the keelson in the notched frames and mark for final fitting so the bottom of the keelson notches can be beveled to follow to the curve of the building form. Refit the notches with a wood rasp. When finished, coat the keelson notches in the frames with glue and spring the keel in place on the form, securing it with bar clamps at frames #1 and #9. Drill and countersink for two #10 x 2-in. fh screws at each frame and fasten the keelson in place. The bar clamps holding the keelson must remain in place until the chine and clamp strips are installed.

Stem and Stern. Now glue and clamp three 3-ft. lengths of 2 x 4 stock and, when dry, cut them to provide stock for the stem



and stern posts (Figs. 1 and 5C). Rough out the posts, beveling the sides 30° on a bandsaw. To determine the angle of the post where it joins the keelson, use a bevel gauge or make a cardboard pattern of the angle between the top of the keelson and the end of the building form (Fig. 2).

Do not attempt to trim the upper end of the stem or stern until you are ready to install the center deck batten. Attach the keelson to the stem and stern posts with glue and two countersunk $\frac{3}{8}$ x 4-in. lag screws. This joint will be further reinforced when the chines are installed (Fig. 5C).

Chines. Proceed by clamping a chine strip (Fig. 1) to frame #4 and then spring it and clamp it to each frame fore and aft and to the stem and stern. These strips can be fitted one at a time because the form is rigid enough to resist springing out of alignment. Check the amount each notch in the stem, stern, and frames must be beveled to hold the chine snugly.

You can draw lines on the frames parallel to the chines as a guide for sawing or, as some boat builders prefer, you can make a number of saw cuts between the chine and the frame

notches until the two pieces fit.

Next, cut a bevel on the end of each chine to fit the stem. Keep the saw blade parallel to the stem while making this cut. If the joint is not tight, run your saw between the stem and chine until it is. Secure the chine with glue and one #10 x 2-in. *fh* screw at each frame and to the stem, stern, and keelson with #12 x 2¼-in. screws. Install the chine on the opposite side in the same manner and then install the clamp strips (Fig. 5) in the same way as you did the chines. The frame is now ready to be faired.

Fairing. Use a block plane and a wood rasp for fairing the frame members. First spring a batten over the entire length of framework and then clamp the ends as in Fig. 7. This batten will show you which frames are high and the amount each member should be beveled to allow the plywood covering to lie flat. Also fair the stem and stern posts to blend with the chines and clamps, and plane the bottoms of the chines and the keelson to match the frames at each station. Continue fairing and testing with the batten until the plywood planking will make full contact with each frame member.

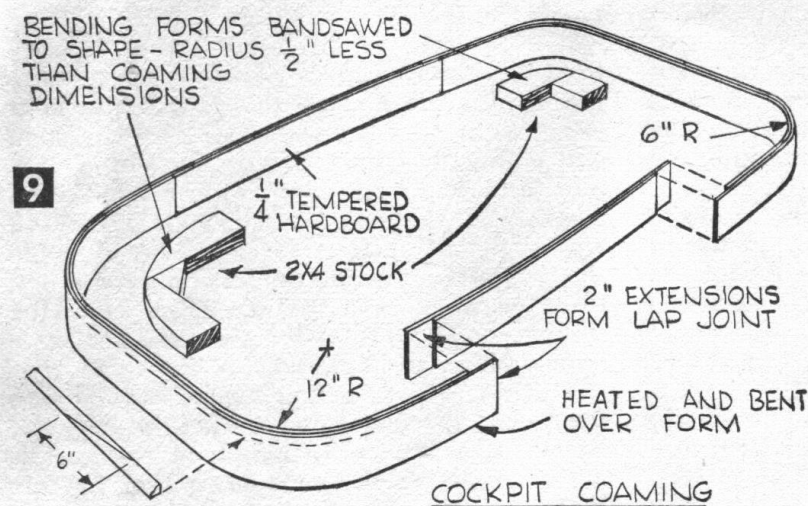
MATERIALS LIST—MISSILE

Amt. Req.	Size and Description	Use
EXTERIOR FIR PLYWOOD (CREZON)		
2	$\frac{3}{8}$ " x 4' x 20'	sides, bottom
2	$\frac{3}{8}$ " x 4' x 8'	decks
2	$\frac{1}{2}$ " x 2' x 6'	floors
1	$\frac{1}{4}$ " x 4' x 8'	gussets, battens
FIR STAIR-TREAD STOCK		
2	$\frac{3}{4}$ x 2" x 12'	frames
3	$\frac{3}{4}$ x 3" x 10'	frames
3	$\frac{3}{4}$ x 3" x 10'	deckbeams
2	$\frac{3}{4}$ x 3½" x 20'	mast sides
2	$\frac{7}{8}$ x 7½" x 20'	mast edges
1	$\frac{1}{8}$ x 4" x 10'	boom
CLEAR FIR LUMBER		
2	$\frac{3}{4}$ x 2" x 20'	clamps
2	$\frac{3}{4}$ x 2" x 20'	chines
2	$\frac{3}{4}$ x 3" x 6'	carlins
4	$\frac{3}{4}$ x 2" x 8'	deck battens
4	$\frac{3}{4}$ x 2" x 30"	deck supports
1	$\frac{15}{8}$ x 7½" x 20'	keelson
3	$\frac{15}{8}$ x 3½" x 36"	stem and stern
2	$\frac{3}{4}$ x 4" x 8'	center deck battens
2	$\frac{3}{4}$ x 3½" x 18'	false stem and stern
1	$\frac{15}{8}$ x 9½" x 20'	building form
1	$\frac{3}{4}$ x 3½" x 18'	stringer
4	$\frac{15}{8}$ x 3½" x 40"	form legs
2	$\frac{3}{4}$ x 5½" x 24"	cross stringers
CLEAR OAK LUMBER		
2	$\frac{1}{2}$ x ¾" x 10'	base-shoe molding
2	$\frac{3}{4}$ x 1" x 20'	sheer rub rail
2	$\frac{3}{4}$ x 1" x 20'	shine rub rail
2	$\frac{3}{4}$ x 3" x 34"	spray rail
1	$\frac{15}{8}$ x 3½" x 40"	tiller
FASTENINGS AND MISCELLANEOUS		
12	shingles	frame wedges
1	¾" dia. x 30" steel shaft	rudder shaft
1	¾" I.D. x 24" water pipe	rudder column
1	¾" I.D. set collar	rudder collar
1	$\frac{1}{8}$ x 12 x 24" steel	rudder
1	$\frac{1}{4}$ x 28 x 40" steel	keel fin
2	2 x 6 x 28" steel (see text)	ballast
2	$\frac{1}{4}$ x 3 x 36" steel	fin reinforcements
2	2½ x 2½ x 24 x ¼" angle iron	keel hanger
1	$\frac{1}{8}$ x 6 x 24" steel	hanger plate
2	2 x 2 x 12 x ⅛" angle iron	mast step

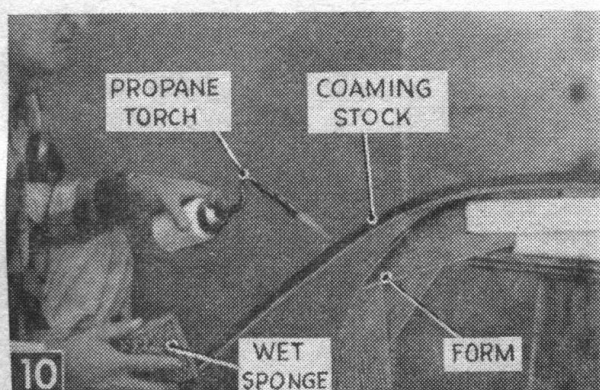
Amt. Req.	Size and Description	Use
5	$\frac{1}{4}$ x 4" x 8' tempered hardboard	coaming
2	$\frac{1}{8}$ x 6 x 8" brass	fore chain plate
2	1 x 1 x 12 x ⅛" brass angle	aft chain plate
16 gr.	#8 x ¾" <i>fh</i> screws (galvanized)	
2 gr.	#10 x 1½" <i>fh</i> screws	
½ lb.	Weldwood glue powder	
2 gal.	Firzite plywood sealer	
1 gal.	marine enamel	

Amt. Req.	Size and Description	Cat. Fig. No.
1	#0 open shell block w/becket	9520
2	#2 single pad eye	901
1 pr.	4½" bow chocks skene	4121
1	6½" hollow deck cleat	4020
2	10½" chain plates finishing	6301
2	adjustable jib sheet leaders	9860
4	5" jam cleats	4055
2	#0 eye straps	275
1	sheet snubbing winch	886
1	#2 bow eye	6145
6	¼" rigging turnbuckles	3164
12	#0 solid rigging thimbles	3210
2	halliard shackles	2870
1	bullet blockon shackle	968
1	¾" capacity mast head sheave	849
3	5½" x 10" mast track	120
6	#0 mast tangs	9896
1	adjustable sail track stop	8241
1	#0 jib halliard block	954
1	Fits-All gooseneck	6483
1	#0 clew outhaul	980
3	#1 outhaul cheek block	5800
3	#0 boom travelers	6390
2	#0 open shell block	952
1	#1 bow plate	9893
1	whisker pole fitting (optional)	654
120'	1 x 19, ⅛" wire rope	standing rigging
100'	¾" nylon or manila line	running rigging

Rigging parts available from Wilcox-Crittenden, Middletown, Conn.
Order by figure number and name of part.
Sails are available ready-made from Alan-Clarke Co., 75 Chambers St., New York 7, N. Y.



A MOLDING SCARF JOINT

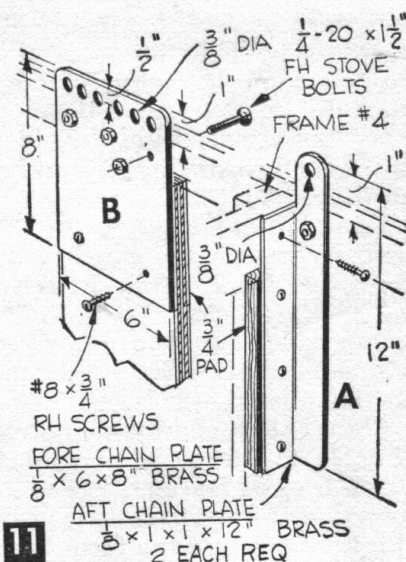


Tempered hardboard stock for coamings bends accurately over form when heated by propane torch. Charring is prevented by wetting surface with sponge.

Cut the limber holes at the same time. These are triangular notches at each side of the keelson which allow all water taken aboard to flow to the lowest part of the hull and be bailed away. The entire framework, except for the surfaces to be glued, should now be coated with a wood preservative such as *Firzite* to prevent rot and water absorption. Flow this on liberally with a brush and allow to dry thoroughly.

Side Planks. Plank the sides of the framework before planking the bottom. Each 4 x 20-ft. sheet of $\frac{3}{8}$ -in. plywood will make one side and one bottom plank (Fig. 5). Proceed by clamping a sheet of the plywood to one side of the framework and tracing along the chines, clamps, stem, and stern. Remove the plywood sheet and saw it to within $\frac{1}{8}$ in. of the traced line.

When both side planks are cut, clamp them in place to check their fit, and drive several #8 x $\frac{3}{4}$ -in. fh screws in each plank to help relocate it. Then remove one side plank at a time and apply a $\frac{1}{32}$ -in. layer of Kuhl's *Bed-last* bedding compound along the chine, clamp, stem, and stern. Replace the plank in



11

its original position and fasten it in place with the locating screws.

Use a pair of dividers to mark the locations for additional #8 x $\frac{3}{4}$ -in. fh screws at 2-in. intervals along the chines and at 3-in. intervals along the clamp strip and frames.

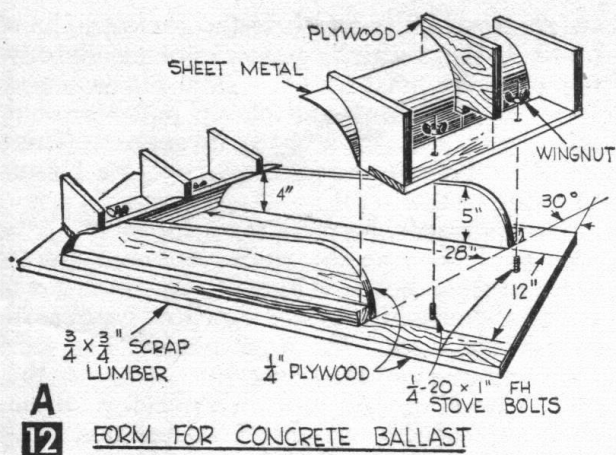
A combination drill and countersink should be used for starting each screw, countersinking the screw heads $\frac{1}{32}$ in. below the surface to allow filling with *Famowood* plastic putty. When finished, drive a staggered double row of #10 x $1\frac{3}{4}$ -in. fh screws spaced 2 in. apart at the stem and stern. The excess bedding compound can now be removed with a putty knife and, if kept clean, be reused.

After fastening both side planks, plane the edges flush with the chines, taking care to maintain the particular bevel at each frame. If lengths of plywood paneling less than 20-ft. are used, install the first panel and then attach a batten (Fig. 5G), made up from a double thickness of $\frac{1}{4}$ -in. plywood, to the exposed edge of it. Butt the next panel against the first when fitting and join it to the batten with bedding compound and #8 x $\frac{3}{4}$ -in. fh screws at assembly.

Bottom Planks. Now take the piece of plywood from which one side has been cut and butt the remaining straight edge against the keelson. Clamp or tack this in position. If the joint at the keelson does not fit smoothly, scribe the contour of the keelson on the plywood with dividers, and saw or plane to the line. When you have a good fit at the keelson, trace the plywood along the chine and saw it to within $\frac{1}{4}$ -in. of the line.

Next make a pencil mark on the keelson and the side planks at the centerline of each frame member. These marks will aid you later in locating the screws to attach the bottom planks to the frames. Replace the bottom plank and temporarily secure it with several screws. Step off the spacing for additional screws at 2-in. intervals along the keel and chine. Drill and countersink for #8 screws,

BOAT BUILDER'S HANDBOOK



A 12 FORM FOR CONCRETE BALLAST

but do not drive the screws at this time. The spacing of the screws at the stem and stern, however, should be $1\frac{1}{2}$ in. for six to eight holes.

Remove the bottom planking and apply a bead of Kuhl's *Bedlast* to the contacting surfaces. Then refasten the bottom to the chines with #8 x $\frac{3}{4}$ -in. fh screws, and #10 x $1\frac{3}{4}$ -in. screws at the stem and stern. Remove the excess bedding compound and carefully plane the edge of the bottom planking flush with the sides.

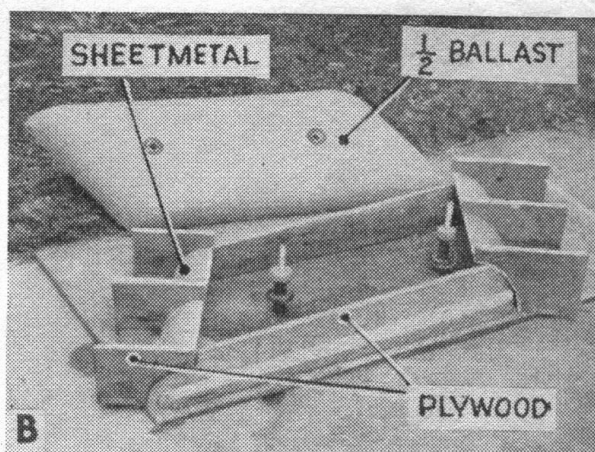
To fasten the bottom planking to the frame members, first locate where the screws should be placed by drawing a line between the two marks you previously made on the keelson and sides at each frame. This line will indicate the exact center of the bottom frame members. Drill and countersink for #8 x $\frac{3}{4}$ -in. fh screws, spaced about 4 in. apart and secure the plank to the frames.

Prior to sanding the planking with 3/0 sandpaper, fill the screw-head holes and all dents with plastic putty. Remove the sanding dust with a vacuum cleaner and then give the hull a coat of *Firzite* sealer.

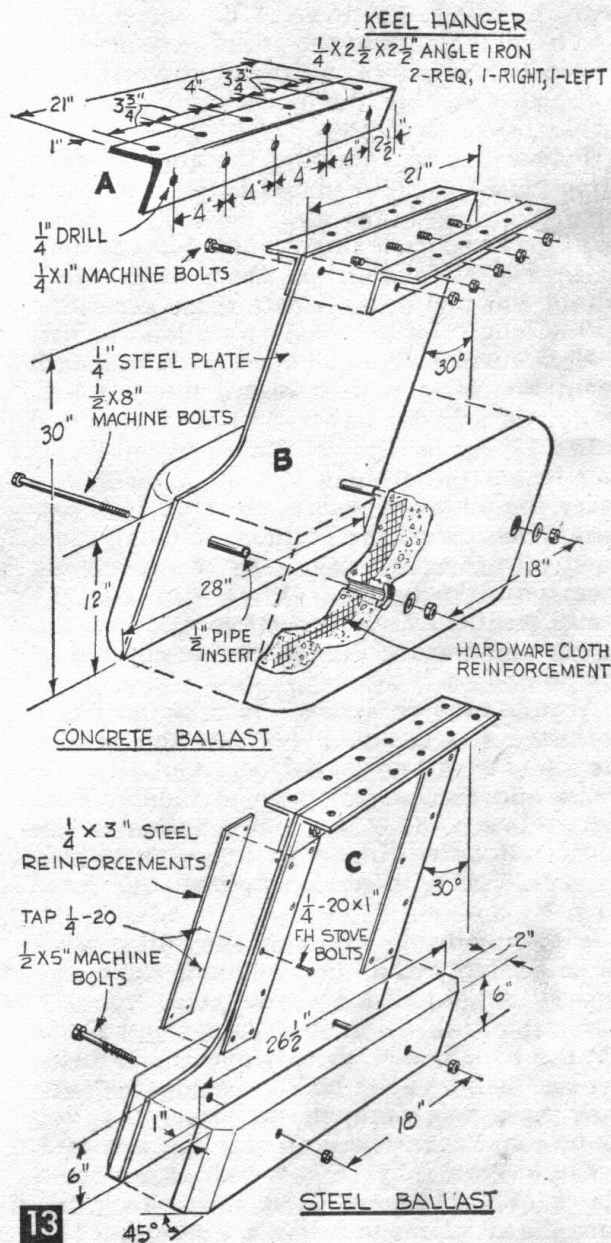
To remove the hull from the building frame, first knock out the shingle wedges that hold the frames in place and also remove the bolts from the cross stringers. With the aid of a few friends, lift the hull from the form and place it right side up on a pair of saw horses.

Deck Beams. Use the material from the cross stringers as stock for the deck beams (Fig. 5A). Note that the beams are installed on the fore side of frames #3, #6, #7, #8, and #9 and on the aft side of #1 and #2. Attach the beams with glue and two #10 x $1\frac{1}{2}$ -in. fh screws to each joint and then saw the frame extensions flush with the sheer clamps and beams.

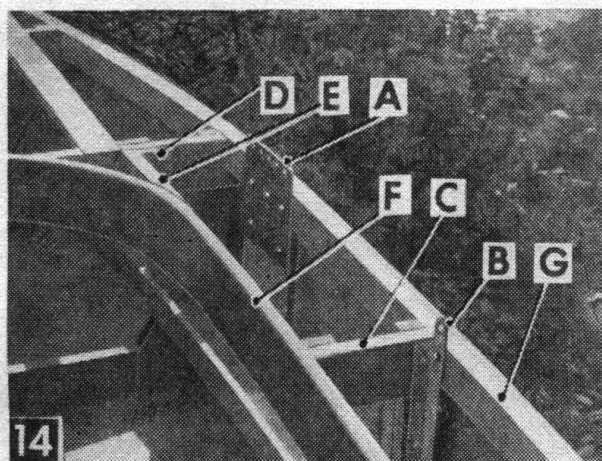
Next cut and install the 7-in. stub deck beams (Fig. 8) for frames #4 and #5, and also attach the back-up blocks (Fig. 5A) to deck beams #3 and #6 with C-clamps. Then



Concrete keel weights are cast in sheet metal and plywood form. Pipe inserts and hardware cloth reinforcement are integrally cast by inserting in mold before pouring concrete.



13 STEEL BALLAST



A) fore chain plates; B) aft chain plates; C) stub beam; D) back-up block; E) carlin; F) coaming; and G) sheer clamp.

clamp the carlins in place, bowing them outward to follow the curve of the sheer. Mark and bevel the ends of the stub beams and the blocks to fit snugly against the carlins. When finished, assemble the parts with glue and #10 x 1½-in. fh screws.

Follow this by clamping the angular deck supports (Fig. 8) in place, fitting them, and attaching them in the same way. If the decking is to be spliced, glue up butt-joint battens as in Fig. 5G and install them in the deck framing at this time. Locate these according to the lengths of plywood you intend to use.

Next cut the stem and stern posts to length as in Fig. 5B and then install the ¾ x 4-in. center deck battens (Fig. 5A) with glue and #10 x 1½-in. fh screws. Cut ¾-in.-sq. cleats and fasten these along the sheer clamps to carry the outboard ends of the side deck battens. Then install the battens, notching them flush into the deck beams by first clamping them onto the framing. When they are correctly positioned, mark their location on the beams and remove the battens, to cut and fit the notches.

Also, to provide a curved backing on which to fasten the coaming, lay out the curved blocks (Fig. 6) on 2 x 4 stock. Cut these to shape and then fasten them to the ¾ x 2-in. corner braces (Fig. 5A). When this is finished, fair off all the deck framing, trimming as necessary with a block plane and wood rasp.

While the inside bottom of the hull is readily accessible, install the keel hanger and support (Fig. 13A) and the mast step (Fig. 5D). Lay out and drill the steel angles and plates for the hanger and then bolt them in place over a thick layer of bedding compound. Attach the mast step in the same way, butting its fore end against the aft side of frame #3.

Chain Plates. Make two each of the chain plates (Fig. 11) from ⅛-in. brass stock. Secure the aft plates to frame #4 with ¼ x 1¼-

in. rh stove bolts and bolt the forward chain plates to ¾-in.-thick reinforcing pads directly opposite the mast on each side. Fit each pad between the chine and clamp and secure it with glue and #8 x ¾-in. fh screws. Then bolt the plates to the pads with six ¼ x 1½-in. fh stove bolts.

Floor Boards. Next, using a cardboard pattern to determine the shape, cut and attach tapered floor beams (Fig. 8), for frames #3 to #6. Then cut another piece of cardboard as a template for the floor boards. Cut this template away at the centerline to expose the mast step (Fig. 5A) and then check its fit on each side of the cockpit. Transfer this template to two pieces of ½-in. exterior plywood and saw them out. Coat both sides of the boards with *Firzite* and two coats of spar varnish. When dry, secure the floor boards to the tapered beams with #10 x 1½-in. oval-head screws and finishing washers.

The interior of the hull should now be given a coat of primer paint and two finish coats of a light-colored porch-and-deck enamel.

For increased safety with only a slight increase in weight, a plastic foam flotation such as *Plasti-Foam*, available from PolyStructures, Inc., 41 Montvale Ave., Stoneham, Mass., can be mixed and poured into the end compartments of the hull at this time. Sheets of cardboard or aluminum must be cut and installed to cover the openings in frames #2 and #8 as temporary bulkheads to hold the foam in place until it sets.

Decks. After temporarily removing the chain plates, you are now ready to make and attach the ⅝-in. plywood deck. Make up the deck panels (Fig. 1) by clamping them in place on the framing with a straight edge along the centerline of the hull. Trace the sheer lines on these and, when all the panels are cut to within ½ in. of the traced lines, replace the chain plates to locate and cut openings for these in the deck. Make the chain plate openings slightly undersize and force the decking over them by tapping with a hammer and wooden block.

Coat the underside of the deck panels with *Firzite* and allow to dry before attaching them to the deck framing and butt-joint battens with bedding compound and counter-sunk #8 x ¾-in. fh screws. When finished plane the edges of the deck flush along the sheer lines. To avoid exposing the edges of the plywood planking and deck, cover these edges with 3-in.-wide fiber glass tape.

Coaming. The coaming (Fig. 9) is made up of a double-thickness of ¼ x 4-in. tempered hardboard, heated and bent to shape on a form as in Fig. 10. Note that the outer member of each curved section and the inner member of each straight section extend 2 in. on each end to form a half-lapped joint when assembled. The outside radius of the form

is $\frac{1}{2}$ in. less than the matching radius of the cockpit to provide a tight fit after the hardboard has dried.

Clamp each piece to the form separately so the smooth sides of hardboard will show and the dull sides will be joined. After softening by alternately applying water from a sponge and heating with a torch, clamp the coaming parts to the form and allow to dry 30 minutes. Then coat the dull sides of the pieces with glue and clamp together on the form until dry. When the pairs of curved sections are completed, fasten them to the cockpit framing so they project $\frac{7}{8}$ in. above the deck, using glue and #10 x $1\frac{1}{2}$ -in. fh screws. Cut the straight sections to fit and attach these in the same way.

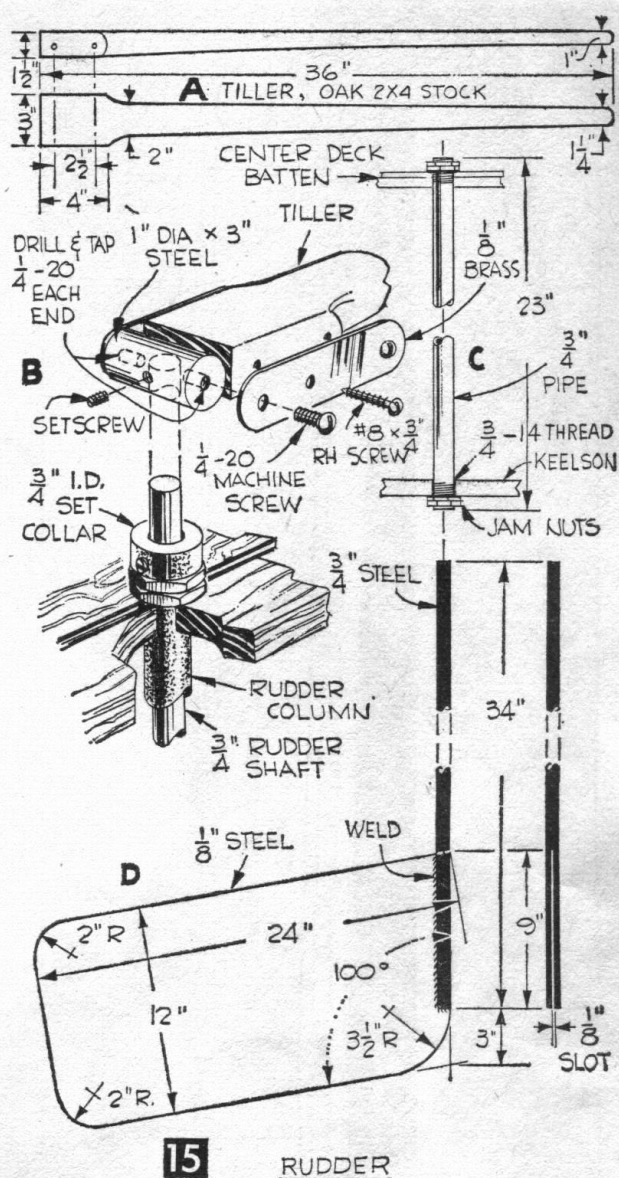
Finish the outside of the coaming with oak base-shoe molding (Fig. 9). Bend the molding in the same way as you did the hardboard, using the coaming itself as a form. Use clamps spaced about 4 in. apart when forming the bends and use scarf joints (Fig. 9A) to join the straight sections to the curved sections.

If the molding should twist slightly during forming, plane the inside corner to make a tight fit at the coaming. Fasten the molding with $1\frac{1}{4}$ -in. fh screws, covering the countersunk screwheads with plastic putty. Plane the coaming flush with the molding and round off the inside edge.

Trim. Now fasten the false stem and stern (Fig. 5) in place with glue and two $\frac{3}{8}$ x 4-in. countersunk lag screws in each piece. Drill a hole in the aft face of the stem post to countersink the nut for the bow eye (Fig. 5B). When the glue has dried, finish shaping these parts with a wood rasp so they are flush with the posts and follow the curvature of the hull.

Cut the spray rails (Fig. 16F) and the rub rails (Fig. 8B) and temporarily attach these so you can check their fit and shape them as necessary with a wood rasp. Then remove these parts for sanding and varnish and lay them aside until the hull is painted. Also locate as many as possible of the metal fittings that attach to the deck (Fig. 16E) and install these temporarily. Remove these before giving the hull two coats of primer followed by two coats of marine enamel. When finished, reinstall the spray and rub rails and give these one more coat of varnish.

Rudder and Tiller. Use a straight section of $\frac{3}{4}$ -in. galvanized water pipe for the rudder shaft column (Fig. 15C), drilling through the keelson and aft center deck batten and cutting the pipe to fit. Thread each end of the pipe to take a pair of thin-wall conduit nuts. Check the fit of the $\frac{3}{4}$ -in. rudder shaft (Fig. 15D) in the pipe. If there is noticeable side play, flatten the midsection of the pipe slightly in a vise. Then install the column, using a felt washer and a liberal coating of bedding compound at each end before installing the nut.

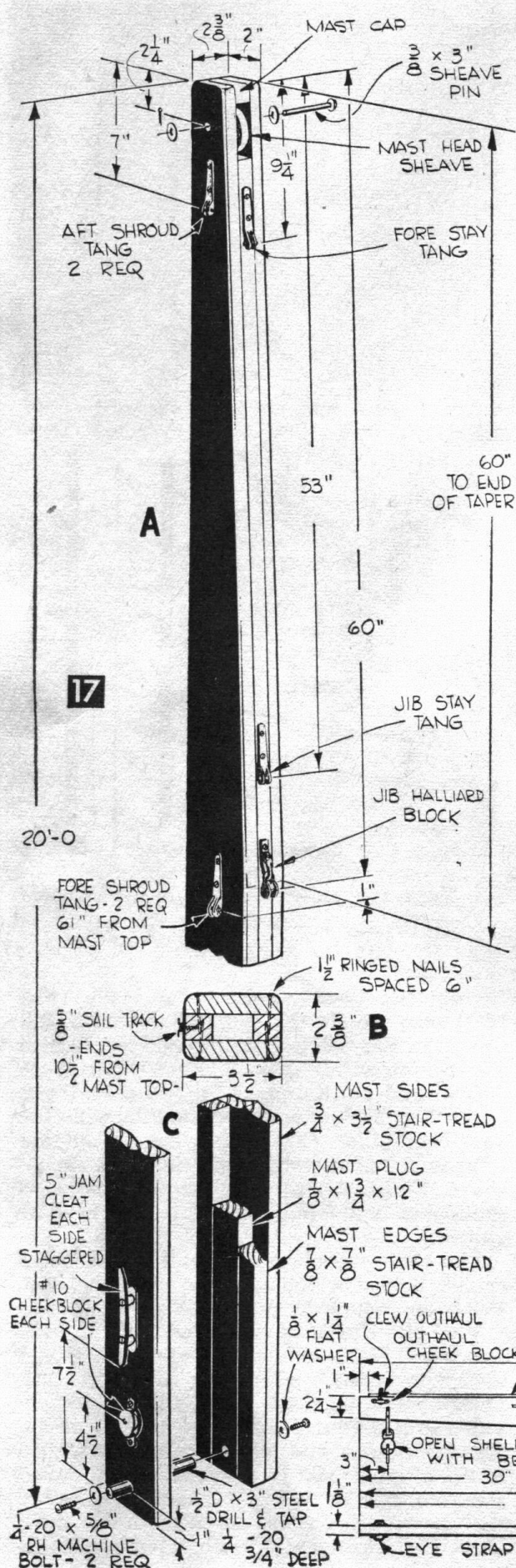


Weld the $\frac{1}{8}$ -in. steel rudder blade (Fig. 15D) into the slotted $\frac{3}{4}$ -in. shaft and install this as in Fig. 5B. Secure the rudder shaft in the column with a $\frac{3}{4}$ -in. I.D. set collar.

Drill and tap the parts for the tiller hinge as in Fig. 15B and assemble this with the hardwood tiller (Fig. 15A). Rough out the tiller on a bandsaw and shape it with a spoke-shave. Finish the tiller by sanding with 3/0 sandpaper and applying two coats of spar varnish.

The tiller travels on the rail of the boom crutch holder which is made up along with the boom crutch as in Fig. 16A.

Keel Fin. Cut or have the keel fin (Fig. 13) cut from $\frac{1}{4}$ -in. cold-rolled steel plate and drill it to fit the keel hanger (Fig. 13A). Alternate methods of ballasting the fin are provided to suit your preferences and resources. Two hundred pounds of ballast were attached to the original boat in the form of reinforced concrete, cast as in Fig. 13B and attached to the fin with countersunk $\frac{1}{2}$ x 8-in. machine bolts. Ballast may also be obtained by attach-



ing 1/4 x 3-in. steel reinforcement along the leading and trailing edges of the fin and then bolting 1 x 6-in. steel weights to each side with 1/2-in. machine bolts. In either case, attach the ballast after checking the fit of the fin in its hanger. Leave the fin unattached until you have your boat at the water, ready for launching.

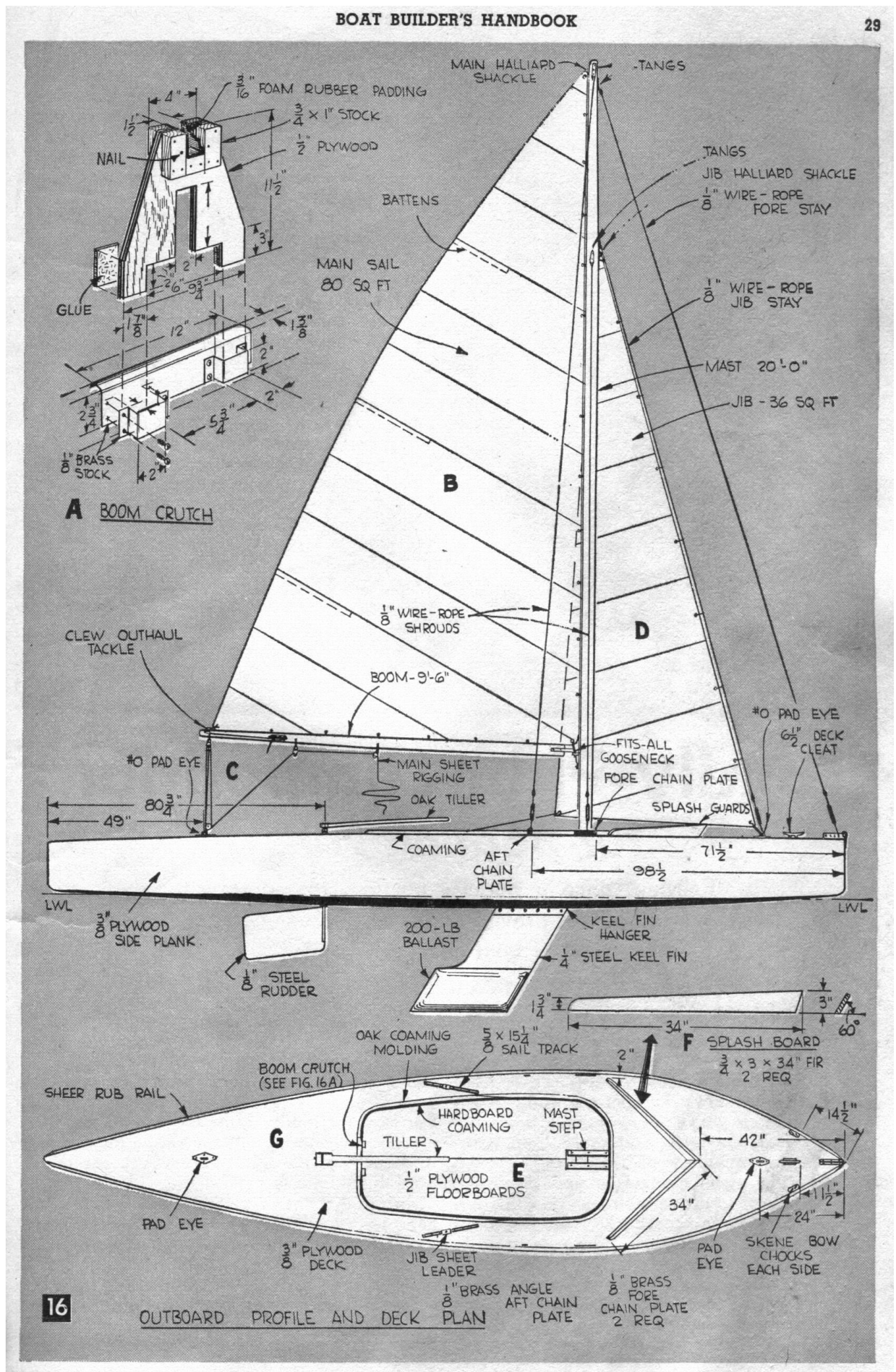
Spars and Rigging. Cut and taper the sides and edges of the mast and join these with Weldwood contact cement and 1 1/4-in. ringed nails spaced at 6-in. intervals. Use 3/4-in.-thick fir stair-tread stock for the mast sides and 1 3/4-in. stock for the edges. Cement the edges to one side first and secure this with nails before attaching the second side. Round the corners of the mast and sand it smooth. Before varnishing, locate, temporarily install, and then remove the sail track, tangs, cleats, mast-head sheave, and jib-halyard cheek block so they can be permanently installed later without damaging the finish on the mast. Also drill the foot of the mast 7/16 in. and drive a 1/2-in. bolt into this hole as a step pin to fit in the notched mast step.

Cut the boom from 1 1/8-in. stair-tread stock and finish this in the same way as you did the mast, permanently attaching the mainsheet rigging, gooseneck, sail track, and clew outhaul after varnishing.

You're now ready to launch Missile. With the keel fin in place, put the boat in the water and check it thoroughly for leaks. Then rig the main and jib halyards and the stays on the mast and, with the help of a friend, step the mast while someone attaches the stays to the chain and bow plates. Tighten the stays equally so there is no rake to the mast. Then set up the boom crutch and install the boom and mainsheet rigging.

All that's left to do is bend on the sails, get well acquainted with Missile underway on all points of wind, and then find somebody to race against.—DON R. SCHMIDT.

● Craft Print No. 330, in enlarged size for building Missile is available at \$2.50. SPECIAL QUANTITY DISCOUNT! If you order two or more craft prints (this or any other print), you may deduct 25¢ from the regular price of each print. Hence, for two prints, deduct 50¢; three prints, deduct 75¢, etc. Order by print number. To avoid possible loss of coin or currency in the mails, we suggest you remit by check or money order (no CODs or stamps) to Craft Print Dept. 2196, SCIENCE and MECHANICS, 505 Park Ave., New York 22, N. Y. Now available, our new illustrated catalog of "194 Do-It-Yourself Plans," 25¢ (refundable, first order). Please allow three to four weeks for delivery.



ANNEXO 3: Encuestas Estudio de Mercado

Encuesta 1: N. Mir (Regatista)

- *¿Navega periódicamente? Sí*
- *¿En qué club navega? CN L'Estartit*
- *¿En que embarcación navega? Europa*
- *¿Compite? Sí*
- *¿Tiene embarcación propia? Sí*
- *En caso afirmativo, ¿cuál? Europa*
- *¿En caso negativo por qué motivo? (falta de espacio, presupuesto...)?*
- *¿Si se comprara una embarcación cuál sería su presupuesto?*
- *¿Compraría, o cree que sería una buena compra, una embarcación Missile con un precio de 3500 euros? Sí*

Encuesta 2: R. Figerola (Presidente club de vela)

- *¿Navega periódicamente? NO*
- *¿En qué club navega? C.Patí Vela Barcelona*
- *¿En qué embarcación navega? Patí*
- *¿Compite? No*
- *¿Tiene embarcación propia? Sí*
- *En caso afirmativo, ¿cuál? Patí*
- *¿En caso negativo por qué motivo? (falta de espacio, presupuesto...)?*
- *¿Si se comprara una embarcación cuál sería su*

presupuesto? 100.000euros

- *¿Compraría, o cree que sería una buena compra, una embarcación Missile con un precio de 3500 euros? Sí*

Encuesta 3: G.Garcia (Regatista)

- *¿Navega periódicamente? Sí*
- *¿En qué club navega? -*
- *¿En qué embarcación navega? Crucero*
- *¿Compite? Sí*
- *¿Tiene embarcación propia? NO*
- *En caso afirmativo, ¿cuál?*
- *¿En caso negativo por qué motivo? (falta de espacio, presupuesto...)?*
Presupuesto
- *¿Si se comprara una embarcación cuál sería su presupuesto? 10.000 euros*
- *¿Compraría, o cree que sería una buena compra, una embarcación Missile con un precio de 3500 euros? Sí*

Encuesta 4: C.Manera (Regatista J70)

- *¿Navega periódicamente? Sí*
- *¿En qué club navega? CN L'Escala*
- *¿En qué embarcación navega? J70*
- *¿Compite? Sí*
- *¿Tiene embarcación propia? NO*
- *En caso afirmativo, ¿cuál? -*
- *¿En caso negativo por qué motivo? (falta de espacio,*

presupuesto...)

Presupuesto

– *¿Si se comprara una embarcación cuál sería su presupuesto?*

5.000 euros

– *¿Compraría, o cree que sería una buena compra, una embarcación Missile con un precio de 3500 euros? Sí*

Encuesta 5: G.Marin (Regatista)

– *¿Navega periódicamente? Sí*

– *¿En qué club navega? CN Balís*

– *¿En qué embarcación navega? Laser*

– *¿Compite? No*

– *¿Tiene embarcación propia? NO*

– *En caso afirmativo, ¿cuál?*

– *¿En caso negativo por qué motivo? (falta de espacio, presupuesto...)?*

Falta de tiempo

– *¿Si se comprara una embarcación cuál sería su presupuesto?*

15.000 euros

– *¿Compraría, o cree que sería una buena compra, una embarcación Missile con un precio de 3500 euros? Sí*

Encuesta 6: S.Canal (Balizador de regatas)

– *¿Navega periódicamente? NO*

– *¿En qué club navega? -*

– *¿En qué embarcación navega? -*

- ¿Compite? NO
- ¿Tiene embarcación propia? NO
- En caso afirmativo, ¿cuál?
- ¿En caso negativo por qué motivo? (falta de espacio, presupuesto...)?
Falta de espacio
- ¿Si se comprara una embarcación cuál sería su presupuesto?
5000 euros
- ¿Compraría, o cree que sería una buena compra, una embarcación Missile con un precio de 3500 euros? Sí

Encuesta 7: A.Cerdán (Regatista)

- ¿Navega periódicamente? Sí
- ¿En qué club navega? CN L'Escala
- ¿En qué embarcación navega? J70
- ¿Compite? Sí
- ¿Tiene embarcación propia? NO
- En caso afirmativo, ¿cuál?
- ¿En caso negativo por qué motivo? (falta de espacio, presupuesto...)?
Presupuesto
- ¿Si se comprara una embarcación cuál sería su presupuesto?
25.000 euros
- ¿Compraría, o cree que sería una buena compra, una embarcación Missile con un precio de 3500 euros? No

Encuesta 8: J.Martí (Técnico club de vela)

- *¿Navega periódicamente? Sí*
- *¿En qué club navega? Club Patí Vela Barcelona*
- *¿En qué embarcación navega? Patí*
- *¿Compite? NO*
- *¿Tiene embarcación propia? NO*
- *En caso afirmativo, ¿cuál?*
- *¿En caso negativo por qué motivo? (falta de espacio, presupuesto...)?*
Presupuesto
- *¿Si se comprara una embarcación cuál sería su presupuesto?*
3000 euros
- *¿Compraría, o cree que sería una buena compra, una embarcación Missile con un precio de 3500 euros? Sí*

Encuesta 9: A.Gratacos (Gerente Club de vela)

- *¿Navega periódicamente? NO*
- *¿En qué club navega? -*
- *¿En qué embarcación navega? -*
- *¿Compite? No*
- *¿Tiene embarcación propia? SNO*
- *En caso afirmativo, ¿cuál? -*
- *¿En caso negativo por qué motivo? (falta de espacio, presupuesto...)?*
Presupuesto
- *¿Si se comprara una embarcación cuál sería su presupuesto?*
10.000 euros

- *¿Compraría, o cree que sería una buena compra, una embarcación Missile con un precio de 3500 euros? No*

Encuesta 10: F.Garcia (Carpintero Náutico)

- *¿Navega periódicamente? NO*
- *¿En qué club navega? -*
- *¿En qué embarcación navega? -*
- *¿Compite? NO*
- *¿Tiene embarcación propia? NO*
- *En caso afirmativo, ¿cuál? -*
- *¿En caso negativo por qué motivo? (falta de espacio, presupuesto...)?*
No me gusta
- *¿Si se comprara una embarcación cuál sería su presupuesto? -*
- *¿Compraría, o cree que sería una buena compra, una embarcación Missile con un precio de 3500 euros? Sí*

Encuesta 11: J.Mateu (Regatista)

- *¿Navega periódicamente? Sí*
- *¿En qué club navega? Mar i vent, Club Patí Vela Barcelona y Port olímpic*
- *¿En qué embarcación navega? Patí y crucero*
- *¿Compite? Sí*
- *¿Tiene embarcación propia? Sí*
- *En caso afirmativo, ¿cuál? Patí y crucero*

- ¿En caso negativo por qué motivo? (falta de espacio, presupuesto...)?
-
- ¿Si se comprara una embarcación cuál sería su presupuesto?
-
- ¿Compraría, o cree que sería una buena compra, una embarcación Missile con un precio de 3500 euros? Sí

Encuesta 12: A. Bauza (Regatista)

- ¿Navega periódicamente? Sí
- ¿En qué club navega? CN Arenal
- ¿En qué embarcación navega? Laser
- ¿Compite? Sí
- ¿Tiene embarcación propia? Sí
- En caso afirmativo, ¿cuál? Laser
- ¿En caso negativo por qué motivo? (falta de espacio, presupuesto...)?
-
- ¿Si se comprara una embarcación cuál sería su presupuesto? 15.000 euros
- ¿Compraría, o cree que sería una buena compra, una embarcación Missile con un precio de 3500 euros? No

Encuesta 13: F. Morey (Regatista)

- ¿Navega periódicamente? Sí
- ¿En qué club navega? CN Sant Antoni
- ¿En qué embarcación navega? Crucero

- ¿Compite? Sí
- ¿Tiene embarcación propia? Sí
- En caso afirmativo, ¿cuál? Hanse 35
- ¿En caso negativo por qué motivo? (falta de espacio, presupuesto...)?
- ¿Si se comprara una embarcación cuál sería su presupuesto?
150.000 euros
- ¿Compraría, o cree que sería una buena compra, una embarcación Missile con un precio de 3500 euros? No

Encuesta 14: M.Ferrer (Técnico de Vela)

- ¿Navega periódicamente? Sí
- ¿En qué club navega? RCM Barcelona
- ¿En qué embarcación navega? Laser
- ¿Compite? NO
- ¿Tiene embarcación propia? NO
- En caso afirmativo, ¿cuál?
- ¿En caso negativo por qué motivo? (falta de espacio, presupuesto...)?
Presupuesto
- ¿Si se comprara una embarcación cuál sería su presupuesto?
15.000 euros
- ¿Compraría, o cree que sería una buena compra, una embarcación Missile con un precio de 3500 euros? Sí

Encuesta 15: R.De Fez (Técnico de vela)

- *¿Navega periódicamente? Sí*
- *¿En qué club navega? CN Vilanova*
- *¿En qué embarcación navega? J80*
- *¿Compite? Sí*
- *¿Tiene embarcación propia? NO*
- *En caso afirmativo, ¿cuál? -*
- *¿En caso negativo por qué motivo? (falta de espacio, presupuesto...)?*
Presupuesto
- *¿Si se comprara una embarcación cuál sería su presupuesto?*
10.000 euros
- *¿Compraría, o cree que sería una buena compra, una embarcación Missile con un precio de 3500 euros? Sí*

ANNEXO 4: TABLA DE PESOS

			TABLA DE PESOS					
						Centro de área (cm)		
		Volumen (cm2)	Densidad (g/cm3)	Peso	x	y	z	
Cuaderna 1		1672,998	0,400	0,669	460,830	24,696	0,000	
Cuaderna 2		2422,240	0,400	0,969	409,014	23,117	0,000	
Cuaderna 3		2813,057	0,400	1,125	357,198	22,237	0,000	
Cuaderna 4		2327,482	0,400	0,931	305,382	15,080	0,000	
Cuaderna 5		2306,800	0,400	0,923	253,566	15,920	0,000	
Cuaderna 6		2477,649	0,400	0,991	201,750	21,118	0,000	
Cuaderna 7		2076,917	0,400	0,831	149,934	21,362	0,000	
Cuaderna 8		1582,075	0,400	0,633	98,118	21,029	0,000	
Cuaderna 9		1208,277	0,400	0,483	46,154	22,077	0,000	
Quilla		22465,348	0,520	11,682	259,346	1,346	0,000	
refuerzo longitudinal 1		2990,449	0,520	1,555	266,249	7,250	-37,752	
refuerzo longitudinal 2		3152,370	0,520	1,639	264,883	40,891	-37,635	
refuerzo longitudinal 3		2990,449	0,520	1,555	266,249	7,250	37,752	
refuerzo longitudinal 4		3152,370	0,520	1,639	264,883	40,891	37,635	
refuerzo cubierta 1		539,478	0,400	0,216	394,065	43,409	34,906	
refuerzo cubierta 2		854,967	0,400	0,342	415,427	43,410	17,700	
refuerzo cubierta 3		2063,081	0,400	0,825	427,433	43,407	0,000	
refuerzo cubierta 4		854,967	0,400	0,342	415,427	43,410	-17,700	
refuerzo cubierta 5		539,448	0,400	0,216	394,065	43,409	-34,906	
refuerzo cubierta 6		344,486	0,400	0,138	178,048	41,659	-34,596	
refuerzo cubierta 7		955,995	0,400	0,382	137,036	40,580	-17,360	
refuerzo cubierta 8		2783,090	0,400	1,113	107,079	39,819	0,000	
refuerzo cubierta 9		955,995	0,400	0,382	137,036	40,580	17,360	
refuerzo cubierta 10		344,486	0,400	0,138	178,048	41,659	34,596	
refuerxo bañera 1		1705,540	0,400	0,682	279,488	40,847	36,894	
refuerxo bañera 2		1705,540	0,400	0,682	279,488	40,847	-37,894	
cubierta		19299,988	0,400	7,720	272,468	43,428	0,000	
forro 1		16007,200	0,400	6,403	260,996	24,276	36,781	
forro 2		13598,803	0,400	5,440	277,160	1,990	23,978	
forro 3		16007,200	0,400	6,403	260,996	24,276	-36,781	
forro 4		13598,803	0,400	5,440	277,160	1,990	-23,978	
Bañera		11504,796	0,400	4,602	274,716	9,544	0,000	
falsa roda proa		1834,809	0,520	0,954	495,764	27,041	0,000	
falsa roda popa		1266,089	0,520	0,658	11,371	3,931	0,000	
roda proa		714,592	0,520	0,372	502,273	26,874	0,000	
roda popa		660,290	0,520	0,343	4,377	23,614	0,000	
quilla		1655,643	7,800	12,914	289,528	-38,086	0,000	
plomada				75,000	275,830	-55,079	0,000	
Pala timon		295,810	7,800	2,307	149,159	-19,154	0,000	
mastil				10,000	339,103	260,636	0,000	
botavara				3,500	244,078	108,079	0,000	
			Peso total=	173.14	Kg			

ANNEXO 5: MS PROJECT

